

Niina Nakolinna, Jaana Paavola ja Minna Rikalainen

Tulkitse muotoja oikein: mitä kurvikkaampi, sen parempi?

Sarveiskalvon topografiakuvat optikon apuna

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometristi (AMK)

Optometria

Opinnäytetyö

31.10.2014

Tekijät Otsikko Sivumäärä Aika	Niina Nakolinna, Jaana Paavola ja Minna Rikalainen Tulkitse muotoja oikein: mitä kurvikkaampi, sen parempi? Sarveiskalvon topografiakuvat optikon apuna 50 sivua + 3 liitettä 31.10.2014
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Koulutusohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Optometria
Ohjaajat	Yliopettaja Juha Päällysaho Lehtori Juha Havukumpu
<p>Opinnäytetyössämme käsittelemme sarveiskalvon topografiakuvien tulkintaa. Koulutussessamme topografiakuvien tulkinta jää mielestämme liian vähäiselle tasolle. Sarveiskalvon topografialaitteet ovat kuitenkin jatkuvasti yleistymässä alallamme ja optikon työnkuva laajenemassa lähemmäksi kliinistä optometriaa. Siksi haluamme avata työssämme tätä aluetta ja näin lisätä optikoiden tietoisuutta sarveiskalvon topografiakuvien tulkinnasta ja laitteiden eroavaisuuksista. Työssämme otamme huomioon myös sarveiskalvon pinnalla olevan kyynelnestekerroksen vaikutuksen topografiakuvien muodostumiseen.</p> <p>Opinnäytetyössämme käyttämämme laitteet ovat lyhyen mittausvälin, suljetun mittausympäristön Tomey TMS-4 ja pitkän mittausvälin, avoimen mittausympäristön Oculus Keratograph 5M. Käytimme mittauksissamme myös keinokyynelnestetippoja, joiden avulla pystyimme havainnoimaan kyynelnesteen määrän ja laadun vaikutusta topografiakuviin. Tähän tarkoitukseen saimme käyttöömmme Piilosetin BioDrop-tipat. Tutkimukseen otimme mukaan 20 koehenkilöä, joilta kuvasimme topografialaitteilla molemmat silmät. Näin saimme tutkittua 40 silmää. Tutkittavana olivat Metropolia Ammattikorkeakoulun opiskelijat, opettajat sekä muita henkilöitä. Teimme tutkimukset jokaisen tutkittavan silmien suhteen niin, että ne ajallisesti vastasivat toisiaan ja olivat näin vertailtavissa keskenään.</p> <p>Opinnäytetyömme koostuu teoriaosuudesta, tutkimuksesta ja työn tuloksista. Teoriaosuuksessa käsittelemme silmän sarveiskalvon ja kyynelfilmin rakennetta, topografiakuvauksen historiaa ja laitteiden kehittymistä. Käsittelemme myös topografiakarttojen karttatyyppisiä ja asteikkoja, tutkimuksen toteutusta, tutkimuksessa käyttämiemme topografialaitteiden teoriaa ja niillä otettujen kuvien tulkintaa.</p> <p>Tutkimuksessa vertailemme kahden topografialaitteen kuvien eroavaisuuksia. Tähän tutkimusosuuteen otimme viisi esimerkkitapausta, joita analysoimme yksityiskohtaisemmin. Pyrimme myös valitsemaan nämä viisi esimerkkiä edustamaan erilaisia tyypillisiä tapauksia, joita yleisesti voi kohdata työelämässä. Tapauksiksi valikoituivat: sfäärinen sarveiskalvo, myooppisen silmän sarveiskalvo, astigmatia, kuivasilmäisyys ja silmätippojen vaikutus kuviin sekä refraktiivinen kirurgia. Työn tuloksissa tuomme teorian ja tutkimusten pohjalta havaitsemamme huomioita työstämme analyysiin ja erittelemme mahdollisia eroavaisuuksia kuvissa, jotka ovat aiheutuneet erilaisista tekijöistä.</p>	
Avainsanat	Topografia, sarveiskalvo, Tomey, Oculus

Authors Title Number of Pages Date	Niina Nakolinna, Jaana Paavola and Minna Rikalainen Corneal topographic pictures as a helpful tool in optometrists work 50 pages + 3 appendices Autumn 2014
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructors	Juha Päällysaho, Principal Lecturer Juha Havukumpu, Senior Lecturer
<p>In our bachelor thesis we review the interpretation of corneal topographic pictures. Our degree programme in optometry does not cover extensively corneal topography or interpretation of corneal topographic pictures, even though corneal topographic devices are becoming more and more common in the field of optometry. That is why we wanted to study this topic in our thesis in order to provide the Finnish optometrists more information about the proper interpretation of corneal topographic pictures, and the differences between different topography devices. We also took into account the effect of tear film on the quality of corneal topographic pictures.</p> <p>Our work consists of a theory part, the photographic examination of the corneas and the results. In the theory part we cover structures of the cornea and the tear film, history of corneal topographic pictures and development of topography devices, maps and scales of topographic pictures, the examination process, the theory of topographic devices used in our study, and proper interpretation of topographic pictures taken with the devices.</p> <p>In our study we used two different devices. These instruments use two different kinds of techniques to measure the corneal shape. The first device we used was Tomey TMS-4, which uses the low light intensity and near distance photographic technique with closed measuring environment. The second device was Oculus Keratograph 5M, which was used for long measuring distance examination and for open measuring environment. In our examinations we also used artificial tears to determine the effect of tear film on topographic pictures. For this purpose we were given a hydrating eye drop from Piilaset Oy called Bio-Drop. In this study we had 20 test subjects and for each of them we took pictures from both eyes. As a result we examined 40 eyes in total with the both corneal topographic devices. Our test subjects were students and teachers from Metropolia University of Applied Sciences and other volunteers. The examinations were carried out so that they could be compared chronologically. This way also all examinations could be compared to each other.</p> <p>In our study we compare differences in pictures taken by the two different topography devices. From the pictures taken we chose five example cases that we then analyzed in more detail. We chose these five examples to represent different kinds of cases that can be encountered in working life. The cases chosen were: spherical cornea, myopic cornea, astigmatic cornea, dry eye and the effect of artificial tears on topographic pictures, and effects of refractive surgery on the cornea. In the “results” part of our work we analyze</p>	

some observations we have made from theory and examinations. In addition we analyze some possible differences we have found in our topographic pictures.

Keywords

topography, cornea, Tomey, Oculus

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Silmän etuosan rakenteet	2
2.1	Kyynelneeste	2
2.1.1	Kyynelneesteen mittaus	4
2.1.2	Silmätippojen vaikutus	5
2.2	Sarveiskalvon rakenne	5
2.2.1	Aberraatiot	8
2.2.2	Normaali sarveiskalvo	8
2.2.3	Sarveiskalvon epäsäännöllisyydet	10
3	Topografiakuvauksen historia	11
3.1	Kleinin keratoskooppi	12
3.2	Keratometri	12
3.3	Fotokeratoskooppi	13
3.4	Videokeratoskooppi	13
4	Kartat ja asteikot sekä tilastolliset arvot	14
4.1	Karttatyypit	15
4.1.1	Standardi kartta	15
4.1.2	Refraktiivinen kartta	15
4.1.3	Korkeuskartta	16
4.1.4	Muut karttatyypit	17
4.2	Asteikot	18
4.2.1	Absoluuttinen asteikko	18
4.2.2	Normalisoitu asteikko	19
4.2.3	Säädettävä asteikko	20
4.2.4	Muut asteikkotyypit	20
4.3	Tilastolliset arvot	21
5	Tutkimus ja sen toteutus	22
5.1	Tutkimussuunnitelma ja tavoitteet	22
5.2	Tutkimuksessa käytetyt sarveiskalvon topografialaitteet	23
5.2.1	Tomey TMS-4	23
5.2.2	Oculus Keratograph 5M	24
5.3	Tutkimuksen toteutus	25

5.3.1	Tutkittavien valinta	26
5.3.2	Suostumuslomake	26
5.3.3	Tutkimukset	26
6	Kuvien analysointi ja johtopäätökset	28
6.1	Sfäärinen sarveiskalvo	28
6.2	Myooppisen silmän sarveiskalvo	31
6.3	Astigmatia	34
6.4	Kuivasilmäisyys ja silmätippojen vaikutus kuvien laatuun	38
6.5	Refraktiivinen kirurgia	42
6.6	Yhteenvetoa tutkimuksista	45
7	Pohdinta	46
	Lähteet	49
	Liitteet	
	Liite 1. Mittausten kirjaus -lomake	
	Liite 2. Suostumuslomake	
	Liite 3. Tutkimuksen kulku	

1 Johdanto

Opinnäytetyömme aiheena ovat sarveiskalvon topografiakuvat ja niiden tulkinta. Halusimme kirjoittaa opinnäytetyön, jonka tekemiseen tarvitsee optikon ammattitaitoa. Topografiakuvat ovat kuvia sarveiskalvosta ja sen kaarevuuksista karttamuodossa esitettynä. Topografialaitteet ovat yleistymässä optisella alalla ja ne tuovat uusia haasteita optikon työhön. Kuvien tulkinta vaatii asiantuntijuutta ja tietämystä. Tämän vuoksi päätimme tehdä opinnäytetyön, jossa käsittelemme topografiakuvien tulkinnan perusteita.

Keksimme työn aiheen syksyllä 2013, kun koulussamme käsiteltiin sarveiskalvon topografiakuvausta ja kuvien tulkintaa. Koulussamme oli vierailevana luennoitsijana silmäkirurgisen yksikön johtava optikko. Luennon lopuksi kysyimme häneltä, mitä optikon olisi hyvä hallita työssään kirurgisella puolella. Eniten hän painotti topografiakuvien tulkinnan osaamista tärkeänä osana työnkuvaa. Asiaa mietittyämme totesimme topografiakuvauksen jäävän todella suppeaksi osa-alueeksi koulutuksessamme, vaikka laitteet ja niiden käyttö ovat yleistymässä alallamme. Työ sairaalaoptikkona on nykyään mahdollinen yhä useammalle ja topografialaitteet ovat jokapäiväinen työväline esimerkiksi laserleikkausten esitutkimuksia tekevälle optikolle. Topografialaitteet ovat hyödyllinen väline myös perinteisissä optikkoliikkeissä esimerkiksi piilolinssien sovituksen yhteydessä ja määritettäessä silmän refraktiivista statusta.

Työssämme keskitymme tulkitsemaan kuvista optikon työn kannalta olennaisia tekijöitä. Pyrimme rajaamaan laajaa aihetta suppeaan ja helposti tulkittavaan muotoon. Koska sarveiskalvon topografiakuvista ei ole aiemmin tehty opinnäytetyötä, meillä oli laajat mahdollisuudet valita työmme aihe monesta eri vaihtoehdosta. Päätimme suunnata työmme huomion koskemaan topografiakuvien tulkintaa kahta yleisintä mittausmenetelmää hyödyntäen. Koska työmme pääpaino on kuvien tulkinnassa, halusimme työssämme tuoda esille myös kuvien oton onnistumiseen vaikuttavat tekijät. Tutkimuksista saamiemme tulosten suuren määrän vuoksi rajasimme työmme viiteen eri tapaukseen, joita tulkitsimme perusteellisemmin.

Opinnäytetyömme koostuu teoriaosuudesta, tutkimuksesta ja työn tuloksista. Teoriaosuudessa käsittelemme sarveiskalvon ja kyynelfilmin rakennetta, topografiakuvauksen historiaa ja laitteiden kehittymistä. Käsittelemme myös topografiakarttojen karttatyyppiä ja asteikkoja, tutkimuksen toteutusta, tutkimuksessa käyttämiemme topografialaittei-

den teoriaa ja kuvien tulkintaa. Tutkimuksessa vertailemme kahden topografialaitteen kuvien eroavaisuuksia ottaen huomioon kyynelnesteen vaikutuksen kuvien onnistumisessa. Valitsimme kaikista ottamistamme kuvista viisi esimerkkitapausta tarkempaa tulkintaa varten.

Työmme tärkeimpinä lähteinä käytimme pääasiassa englanninkielisiä tieteellisiä julkaisuja sekä artikkeleita. Tärkeimpänä teoksena työssämme oli Color Atlas of Corneal Topography: Interpretating Videokeratography. Teoksen tekijät ovat Yaron S. Rabinowitz sekä Steven E. Wilson. Teoksen julkaisijana toimii Igaku-Shoin. Teoksessa käsitellään topografiakuvien tulkinnan pääperiaatteita sekä laitteiden kehitystä.

Yhteistyökumppaneinamme olivat Iogen Oy sekä Optiikka Juurinen Oy, joita yliopettaja Juha Päällysaho ehdotti meille laitteiden valinnan yhteydessä. Tutkimuksen sponsorina toimi Piiliset Oy, joka antoi käyttöömmme BioDrop -silmätippoja tutkimuksiamme varten.

Työmme tavoitteena on lisätä optikoiden tietoutta topografiakuvien tulkinnasta ja laitteiden eroavaisuuksista. Työssä otamme huomioon myös kyynelnesteen vaikutuksen topografiakuvien onnistumiseen.

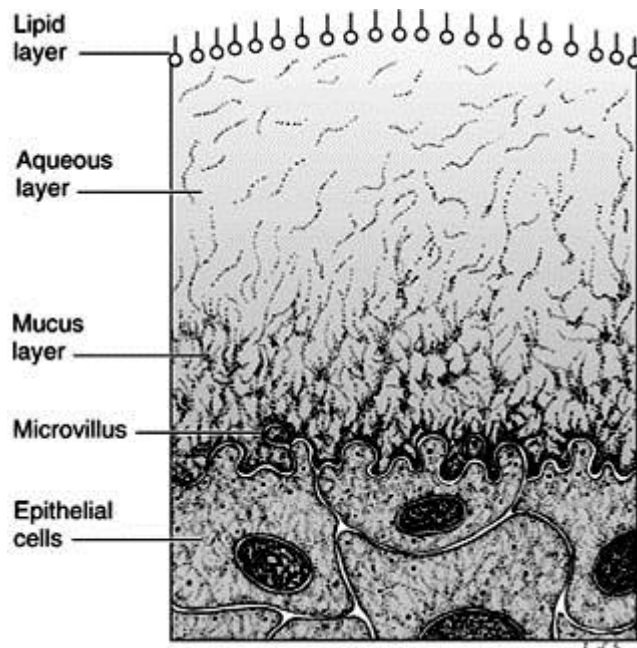
2 Silmän etuosan rakenteet

Sarveiskalvo on merkittävin silmän valoa taittava osa. Sen keskimääräinen taittovoima on 43 dpt (dioptriaa) ja kaarevuus 7.8 mm. (Rio-Cristobal - Martin 2014: 1.) Sarveiskalvo kattaa kaksi kolmasosaa silmän refraktiivisesta taittovoimasta. Yhdessä kyynelfilmin kanssa se muodostaa tasaisen refraktiivisen pinnan, jossa on hyvä optinen laatu. (Efron 2010: 10.)

2.1 Kyynelneeste

Silmien räpytyksellä on olennainen vaikutus kyynelfilmin rakenteeseen, vakauteen sekä toimintaan. Silmäluomien reunoilla ja sidekalvolla sijaitsevien rauhasen tuottamat eritteet ovat myös olennaisessa osassa kyynelfilmin muodostettaessa kyynelfilmin kokonaisrakennetta. Kyynelneeste sisältää myös monia immuunitekiäjiä eli suojaavia ainesosia. Niiden tehtävänä on suojata silmää estämällä bakteerien ja virusten pääsy

sekä kiinnittyminen sarveiskalvon epiteelisolujen pinnalle ja muualle silmän etuosaan. (Dilly 1994: 1.)



Kuvio 1. Kyynelfilmin rakenne (Whitcher, John P. 2002-2003)

Kyynelfilmissä on kolme toisiinsa sekoittunutta kerrosta, jotka eivät ole erotettavissa toisistaan. Kuviossa 1 on kuvattu, miten musiinikerros sijaitsee lähimpänä sarveiskalvon epiteeliä ja mikrovilluksia. Musiinikerroksen päällä ja osittain siihen sekoittuneena sijaitsee vesikerros. Vesikerrosta peittää uloimpana oleva öljymäinen lipidikerros. (Dilly 1994: 3.)

Öljy- eli lipidikerroksen paksuus vaihtelee luomien välisen raon suuruuden mukaan. Se muuttuu sitä paksummaksi, mitä enemmän yläluomi liikkuu alaspäin silmän sulkeutuessa ja ohentuu taas sen mukaan, mitä enemmän silmä aukeaa. (Dilly 1994: 3-4) Lipidikerros koostuu öljyisestä aineksesta, jota meibomian rauhaset tuottavat. Öljyinen lipidikerros alentaa kyynelfilmin pintajännitettä ja näin ollen vähentää kyynelfilmin haihtumista pois silmän pinnalta. Se myös ehkäisee kyynelnesteen valumista luomien reunoille ja tätä kautta pois silmästä. Lipidikerroksen tehtävänä on myös estää kyynelnesteen likaantumista. (Bron - Benjamin - Snibson 1991: 1.)

Vesikerros on suurimmaksi osaksi kyynelrauhasten tuottamaa. Sen pääasialliset tehtävät ovat vierasesineiden ja mikro-organismien kuljettaminen pois sarveiskalvolta sekä

sarveiskalvon ja sidekalvon epiteelin ravitseminen. Kuten kuvasta 1 huomataan, vesikerros on kyynelfilmin paksuin osa. (Dilly 1994: 4.)

Musiinikerros on osa sarveiskalvon epiteelin glykoproteiini-vaippaa. Musiinia erittyy sidekalvon pikarisoluista ja se levittäytyy sarveiskalvon ja sidekalvon pinnoille. Musiini vähentää kyynelnesteen pintajännitystä ja parantaa kyynelnesteen levittyvyyttä sekä pitää kyynelnesteen yhtenäisenä. Musiinikerros myös liukastaa, kosteuttaa ja suojaa alla olevaa epiteelikerrosta. (Nichols - Chiappino - Dawson 1985:1.)

2.1.1 Kyynelnesteen mittaus

NITBUT ("noninvasive tear break-up time") tarkoittaa menetelmää, jolla määritetään kyynelnesteen vakautta ja pysyvyyttä. Kyynelnesteen vakaus on monimutkainen järjestelmä, joka syntyy kyynelnesteen eri komponenttien, kuten musiinin ja lipidien vuorovaikutuksesta. Epätasapaino yhdessäkin kyynelnesteen osatekijässä saattaa johtaa kuivasilmäisyyteen. (Cho 1993: 1.)

Tyypillisesti TBUT ("tear break-up time") määritetään laittamalla pieni määrä fluoresiinisolvuväriainetta silmään ja tarkkailemalla fluoresiinväriaineen värjäämää kyynelkalvoa sinisellä valolla keltaisen suodattimen läpi. TBUT on aika, joka kuluu ensimmäisestä silmien räpäytyksestä siihen hetkeen, kun ensimmäinen kyynelkalvon hajoamiskohta havaitaan. (Cho 1993: 1.)

Fluoresiinin laittaminen silmän pinnalle saattaa kuitenkin vaikuttaa kyynelnesteen vakauteen. Tämä on johtanut sellaisten mittaustapojen kehittymiseen, joissa ei vaikuteta kyynelfilmin rakenteeseen. Yksi tällainen mittaustapa on sarveiskalvon pinnalle heijastetun valokuvion tarkkaileminen. Kun kuvio vääristyy, kyynelneeste ei ole enää vakaa. Tällainen on esimerkiksi keratometrin valorengaskuvio heijastettuna sarveiskalvolle. Yksi tunnetuimmista ns. ei-invasiivisista mittaustavoista on Mengherin laite, joka heijastaa ruutukuvion sarveiskalvon pinnalle. (Cho 1993: 1.)

Tutkimuksessamme käytimme Oculus Keratograph 5M:n NIKBUT ("noninvasive keratograph break-up time") menetelmää, jossa kyynelfilmin repeytymisaikaa mitataan laitteen Placido-renkaiden avulla. Laite ottaa sarveiskalvoheijasteesta 20 sekuntia videokuvaa, jonka jälkeen laite analysoi videon ja määrittää kyynelfilmin rikkoutumisen ajan-

kohdat. Tämän pohjalta se muodostaa sarveiskalvon pintaa kattavan värikartan. (Instruction Manual Keratograph 5M 2012: 32; Juurinen 2014.)

2.1.2 Silmätippojen vaikutus

Silmätippojen vaikutusta kyynelfilmiin voidaan karkeasti arvioida biologisesta ja kemiallisesta näkökulmasta. Kostutustipoissa olevia ainesosasia ovat esimerkiksi vesi, suolaliuos, glyseroli, mono- ja polysakkaridit sekä lipidit. Kostutustippojen biologisia vaikutuksia taas ovat esimerkiksi osmoosi, pintajännitys ja haihtuminen. (Göbbels - Spitznas 1989: 1-2.)

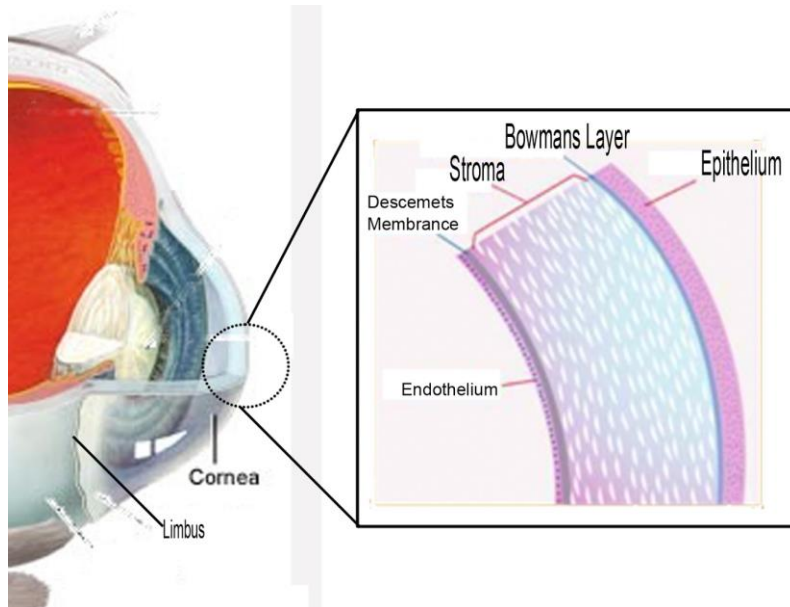
Käytimme tutkimuksissamme Piilasetin BioDrop -kosteutustippoja. BioDropin vaikuttava aine on hyaluronihappo, jolla on silmän pintaa voitelevia ja kosteuttavia ominaisuuksia. Silmän kyynelnestettä muistuttava hyaluronihappo pysyy silmän pinnalla myös silmäluomen liikkeessä sen voitelevan ominaisuuden ansiosta. Se parantaa silmän kyynelnesteen vedensidontakykyä ja pysyvyyttä. Vaikuttavan hyaluronihapon lisäksi BioDrop sisältää puskurisuoloja ja puhdistettua vettä. Puskurisuoloja ovat natriumfosfaatit ja natriumkloridit. Puskurisuolat ja puhdistettu vesi yhdessä tekevät BioDrop-tipoista fysiologisen. BioDrop ei sisällä säilöntäaineita tai muita mahdollisesti herkistäviä ainesosasia. (Hirviniemi 2014.)

2.2 Sarveiskalvon rakenne

Sarveiskalvo on muodoltaan elliptinen ja sen pinta-ala on 1.1cm². Topografisesti sarveiskalvo jaetaan neljään osa-alueeseen: keskeinen, parakeskeinen, perifeerinen ja limbaalinen. Keskeinen alue peittää pupillin alueen. Se on yleensä sfäärinen ja noin neljä millimetriä leveä alue. Parakeskeinen alue, joka sijaitsee aivan keskeisen alueen ulkopuolella, on litteämpi ja muuttuu optisesti tärkeäksi pupillin laajentuessa himmeässä valaistuksessa. Perifeerisellä alueella sarveiskalvo muuttuu voimakkaammin litteäksi ja asfääriseksi. (Efron 2010: 10.)

Koska sarveiskalvon etu- sekä takapinta eroavat toisistaan kaarevuutensa suhteen, on sarveiskalvon paksuudessa eroja eri alueilla. Keskeisesti paksuus on noin 550 mikrometriä, kasvaen laita-aluetta kohti noin 670 mikrometriin. Kuviossa 2 on havainnollistettu sarveiskalvon muuttuva muoto ja paksuus. (Efron 2010: 10.) Vaikka sarveiskalvon

muoto on yksilöllinen eri ihmisten välillä, saman henkilön sarveiskalvoissa on merkittäviä yhtäläisyyksiä. Näin ollen sarveiskalvon topografiassa on samoja piirteitä kuin sormenjäljissä. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 18.)



Kuvio 2. Sarveiskalvon rakenne ja muoto (Differences in the anatomy of the eye n.d.)

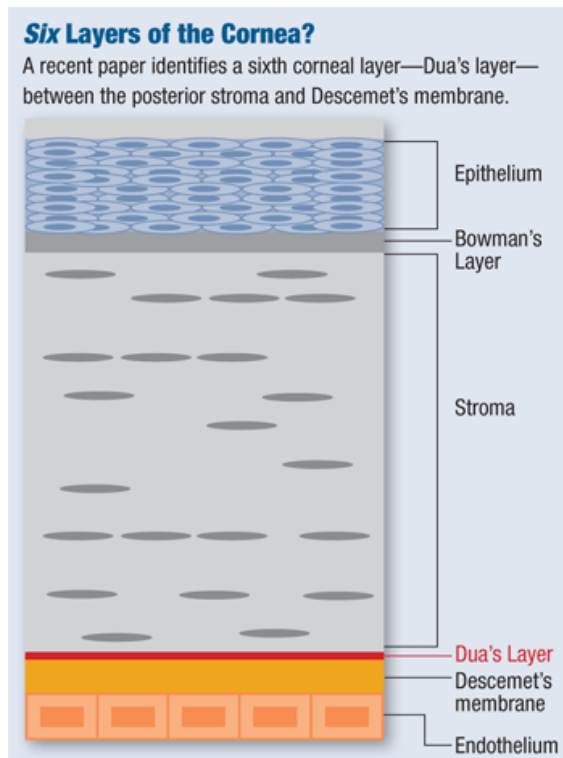
Sarveiskalvo koostuu kuudesta eri kerroksesta. Sen ulommaisoin kerros eli epiteeli on noin 10 % sarveiskalvon paksuudesta. Siinä on 5-6 solukerrosta. Selkeästi erotettavia epiteelisolutyyppejä on kolme: yksiriviset basaalisolut eli lieriösolut, 2-3 -riviset kuu-tiosolut ja 2-3 kerrosta muodostavat ulommaisiet levyepiteelisolut. Pintaepiteelisolut ovat rakenteellisesti erilaisia, sillä ne ovat vuorovaikutuksessa kyynelfilmin kanssa. Tämä näkyy solujen rakenteessa pieninä ulokkeina, jotka ovat sormen tai harjanteen muodon kaltaisia. Näitä kutsutaan mikrovilluksiksi. Nämä solut sitovat sarveiskalvon päällä sijaitsevan kyynelfilmin itseensä filamenteillaan. (Efron 2010: 10-11.)

Bowmanin kerros on paksuudeltaan 8-14 mikrometriä. Se koostuu eri suuntiin sijoittu-neista hienon hienoista kollageenisäikeistä. Pääasiassa epiteeli muodostaa ja pitää yllä Bowmanin kerrosta. (Efron 2010: 11-12.)

Strooma on paksuudeltaan noin 500 mikrometriä ja on 90 % koko sarveiskalvon pak-suudesta. Se koostuu suurimmaksi osin kollageenisäikeistä. Ne järjestäytyvät 200-250 kerrokseen, joita kutsutaan lamelleiksi. Lamellit sijoittuvat yhdensuuntaisesti sarveis-

kalvon pinnan kanssa. Tällainen lamellien tarkka järjestäytyminen takaa strooman hyvän läpinäkyvyyden. (Efron 2010: 12-13.)

Duan kerros on uusi löydös sarveiskalvolla. Tämä vastikään löydetty kerros on kova, tarkasti rajattu alue, joka on paksuudeltaan vain noin 10-15 mikrometriä. Kerros sijoittuu strooman ja Descementin kalvon väliin. Kuviossa 3 on näytetty tarkemmin Duan kerroksen sijainti. (Murphy 2013.)



Kuvio 3. Kuva sarveiskalvon rakenteesta, johon on myös sisällytetty uusi Duan kerros (Murphy 2013)

Descementin kalvo on sarveiskalvon endoteelin pohjakerros. Se sijaitsee endoteelin ja strooman välissä, Duan kerroksen alla. Syntyessä kerros on paksuudeltaan 3-4 mikrometriä ja kasvaa aikuisella 10-12 mikrometrin paksuuteen. (Efron 2010: 13.)

Endoteeli koostuu yhdestä kerroksesta soluja, jotka ovat muodoltaan monikulmaisia. Se rajaa sarveiskalvon takimmaisen pinnan. Koska endoteelilla on vain rajattu kyky mitoosiin, jolloin se pystyisi korvaamaan vahingoittuneita soluja, vähenee solujen lukumäärä progressiivisesti iän mukaan. Tällöin sen solut levittäytyvät täyttämään vahingoittuneiden solujen jättämät aukot. (Efron 2010: 13-14.)

2.2.1 Aberraatiot

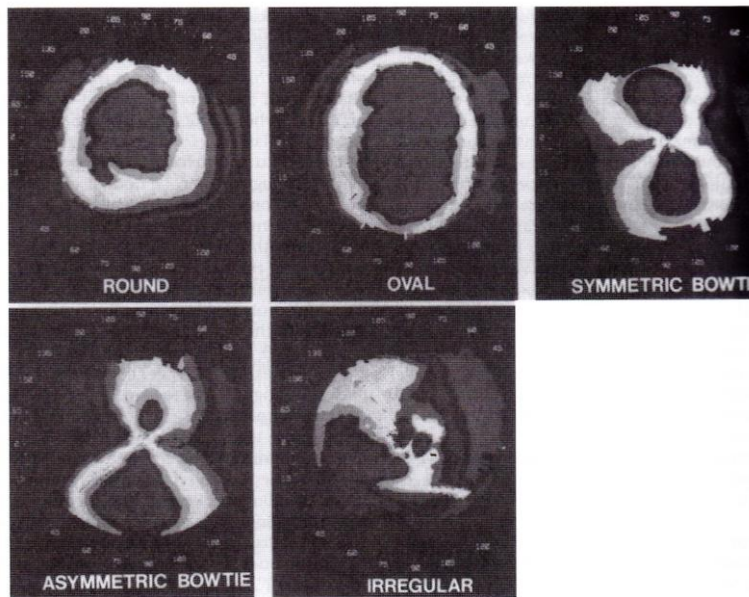
Aberraatio on kohteesta muodostuneen kuvan vääristymä, joka syntyy siitä, kun valonsäteet eivät tarkalleen seuraa täydellisen optisen systeemin lakia. Aberraatiot määrittävät kuinka paljon silmän valoa taittavat osat vaikuttavat valon kulkuun, kun valonsäde kulkee silmän optisten väliaineiden läpi. Aberraatiot voidaan jakaa matemaattisesti matalamman ja korkeamman asteen aberraatioihin. Matalamman asteen aberraatioihin kuuluvat sfäärinen ja kromaattinen (silmän pitkittäinen värivirhe) aberraatio sekä vino astigmatia. Vino astigmatia on yleisin kuvautumisvirhe silmässä. Astigmatia johtuu silmän valoa taittavien rakenteiden poikkeamasta sfäärisestä, pallopintamuodosta. Astigmatiaa aiheuttavat pääasiassa sarveiskalvo, mutta myös mykiö vaikuttaa siihen. Matalamman asteen aberraatiot ovat hallitsevia kuvausvirheitä ihmisen silmässä, joilla on suurempi vaikutus näkemiseen kuin korkean asteen aberraatioilla. Ne kattavat 90 % kaikista aaltorintamavirheistä ihmisen silmässä. (Lombardo 2010: 313-314; Voke 2010: 41.)

Sfääriset aberraatiot johtuvat mykiön laita-alueen enemmän valoa taittavasta ominaisuudesta. Aberraation määrä yleensä riippuu pupillin koosta. Pupillin ollessa suuri, valoa pääsee läpi mykiön reuna-alueista. Tämä aiheuttaa sen, etteivät valonsäteet osu samalle kohdalle retinalla. Näiden valonsäteiden polttopisteiden etäisyyttä kutsutaan aksiaaliseksi sfääriseksi aberraatioksi. Sfäärisestä aberraatiosta voi syntyä niin sanottuja haloilmiöitä, haamukuvia tai alentunutta kontrastiherkkyttä hämärässä. Sarveiskalvon asfäärinen muoto vähentää sfäärisiä aberraatioita, sillä sen refraktiivinen taittovoima on pienempi laita-alueella. Kromaattiset aberraatiot johtuvat valon eri aallonpituuksien erilaisista taittumisominaisuuksista. Mitä lyhyempi valon aallonpituus on, sitä enemmän se taittuu. (Lombardo 2010: 315; Voke 2010: 41-42.)

Korkeamman asteen aberraatiot ovat matemaattisesti monimutkaisempia, kuin matalan asteen aberraatiot. Ne kattavat vain 10 % silmän kokonaisaberraatioista. Korkeamman asteen aberraatioihin kuuluvat muun muassa koma ja trefoil. Koman yleisimpiä oireita ovat kaksoiskuvat, sillä komassa valonsäteet eivät taitu samaan pisteeseen, vaan aiheuttavat pyrstötähtimäisen kuvion. Trefoilissa taas valopiste hajoaa valosäteiksi kolmeen eri suuntaan. (All About Vision 2000-2012; Lombardo 2010: 315; Voke 2010: 42.)

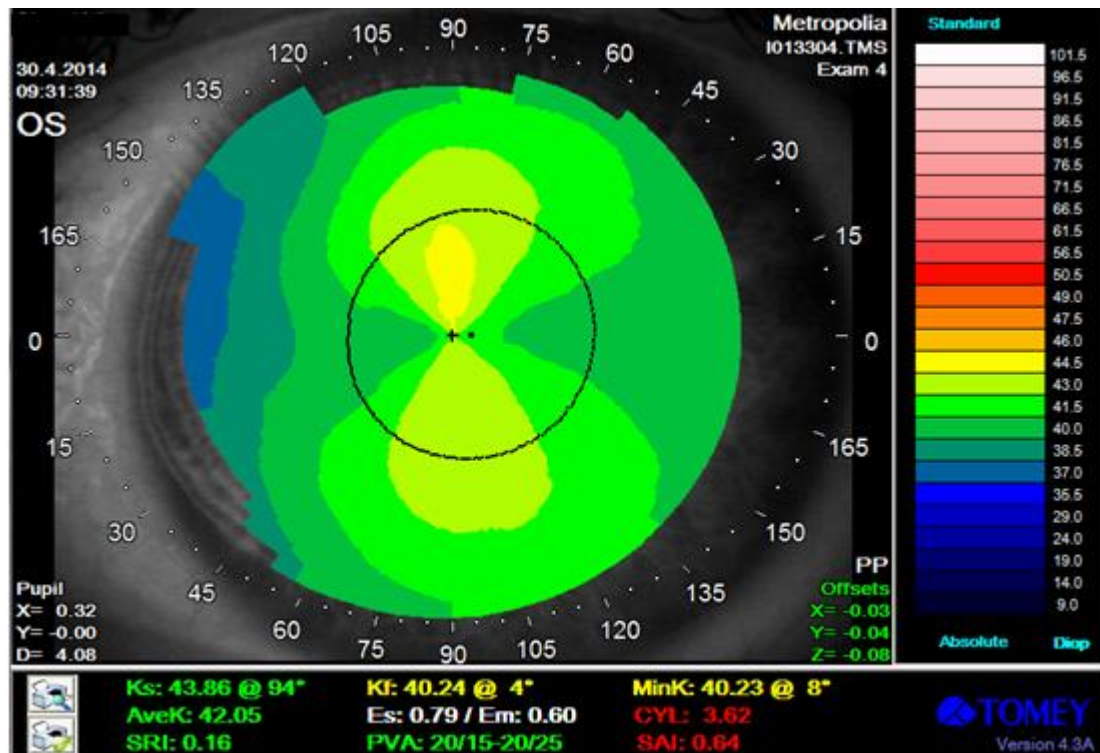
2.2.2 Normaali sarveiskalvo

Sarveiskalvon pintamuodossa on paljon vaihtelua normaalin rajoissa. Sarveiskalvosta saatavat topografiakuviot voidaan jakaa esimerkiksi viiteen eri luokkaan, joita ovat pyöreä, ovaali, symmetrinen rusetti, epäsymmetrinen rusetti ja epäsäännöllinen. Kuviossa 4 nämä viisi luokkaa on havainnollistetussa muodossa. Kuvioita tarkasteltaessa karttatyyppi pitää olla valittuna kuvaamaan sarveiskalvon muotoa. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 20.)



Kuvio 4. Topografiakuvien yleinen luokittelu (Grosvenor 2007: 318)

Symmetrinen rusettikuvio näkyy yleensä henkilöillä, joilla on astigmatiaa. Säännönmukaisessa astigmatiassa (korjaavan sylinteri akselisuunta on 180 astetta) rusettikuvio on pystysuunnassa. Kuviosta 5 erottuu hyvin säännönmukaisen astigmatian rusettikuvio. Säännönvastaisessa astigmatiassa (korjaavan sylinterin akselisuunta 90 astetta) vaakasuunnassa. Epäsäännölliset kuviot ja merkittävästi epäsäännölliset rusetit voivat johtua joko kuivasilmäisyydestä tai epäsäännöllisestä sarveiskalvon pinnasta. Kuivasilmäisyys vaikuttaa merkittävästi topografiakuviin ja siksi on tärkeää selvittää onko pinta oikeasti niin epäsäännöllinen kuin miltä se kuvissa näyttää vai johtuuko epäsäännöllisyys silmän kuivumisesta. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 20.)



Kuvio 5. Säännömukaisessa astigmatiassa rusettikuvio on pystysuunnassa standardi karttaa käyttäessä. Kuvan keskellä oleva piste osoittaa pupillin keskipisteen ja risti sarveiskalvon huipun. (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

2.2.3 Sarveiskalvon epäsäännöllisyydet

Astigmatia voidaan luokitella säännölliseksi ja epäsäännölliseksi. Säännöllinen astigmatia on joko synnynnäistä tai seurausta leikkauksesta. Epäsäännöllinen astigmatia voi johtua monista eri tekijöistä, kuten silmän pinnan sairaudesta, sarveiskalvon epiteelin rappeumasta, keratokonuksesta (kartiopullistuma), tulehduksesta, traumasta tai leikkauksesta, ja sen kuvio on usein epämääräinen. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 22.) On myös hyvä ottaa huomioon Javalin sääntö astigmatian tulkinnassa. Yksinkertaisimmillaan sarveiskalvon astigmatiaan lisätään mykiöstä tuleva -0.50 säännönvastainen (korjaavan sylinterin akselisuunta 90 astetta) astigmatia. (Grosvenor 2007: 187.)

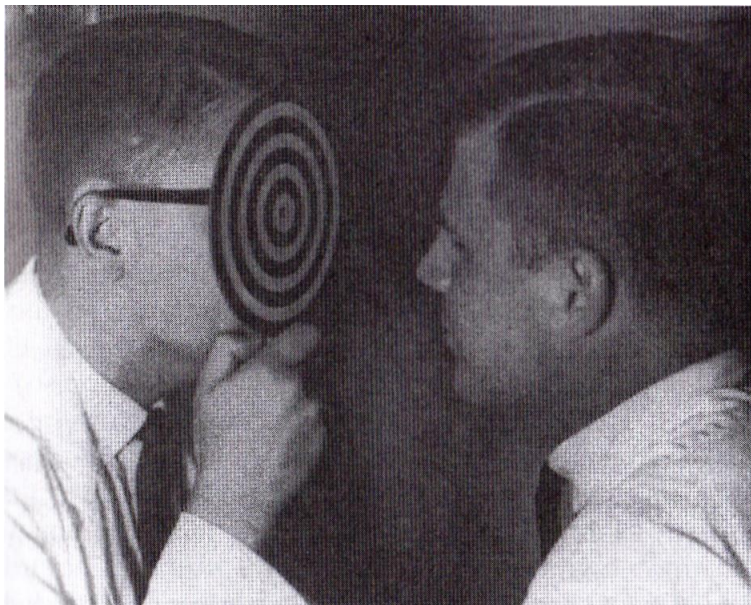
Keratokonius on merkittävä sarveiskalvon epäsäännöllisyyteen vaikuttava tekijä. Sen topografiakuvioissa on paljon vaihtelua, sillä kartiopullistuman huipulla on monia muotoja. Tämän lisäksi huippu voi sijaita eri kohdissa sarveiskalvoa. Keratokonus havaitaan yleensä topografiakuvissa sarveiskalvon alaosan jyrkentymänä. Toinen merkki on keskeisen osan jyrkentymä joko yhdessä päällekkäisen epäsymmetrisen rusetin kans-

sa tai ilman. Useimmiten keratokonuksen jyrkimmät kohdat ovat joko alatemporaalisesti tai lähellä sarveiskalvon huippua. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 34-36.)

Topografialaitteissa on usein mahdollisuus käyttää erilaisia keratokonuksen havaitsemisohjelmia. Esimerkiksi TMS-1 -laite vertaa keskeisen sarveiskalvon voimakkuutta eri silmien välillä ja sarveiskalvon ala- ja yläpuolen jyrkkyyttä normaalin sarveiskalvon arvoihin. Näillä arvoilla voidaan erottaa keratokonus normaalista sarveiskalvosta. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 38.)

3 Topografiakuvauksen historia

Ensimmäinen tunnettu keratoskooppina käytetty menetelmä oli tutkia ikkunalasista silmään heijastuvan luonnonvalon muotoa ja näin arvioida sarveiskalvon kaarevuutta. Tämän menetelmän kehitti Christopher Scheiner 1600-luvulla. Hänellä oli kokoelma erilaisia marmorikuulia, joihin kohdistuvaa ikkunan heijastusta hän vertasi silmän pinnalla näkyvään valoheijastukseen. Vuonna 1880 Antonio Placido keksi käyttää heijastavana elementtinä valkoisia ja mustia renkaita. Kuviossa 6 renkaita käytetään apuna sarveiskalvon muodon tutkimisessa. Tästä kuviosta tuli eniten käytetty kuvio ja se on edelleenkin käytössä useissa sarveiskalvon topografialaitteissa. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 4.)



Kuvio 6. Sarveiskalvon tutkimista 1960 -luvulla Placidon renkaita hyödyntäen (Grosvenor 2007: 315)

3.1 Kleinin keratoskooppi

Nykyaikainen versio alkuperäisistä Placidon renkaista on Kleinin kädessä pidettävä keratoskooppi. Kleinin keratoskooppi mahdollisti sarveiskalvon muodon nopean tutkimisen. Kleinin käyttämän rengaskuvion halkaisija oli 5.5 mm, mikä rajoitti sarveiskalvon reuna-alueiden tutkimista. Tästä huolimatta Kleinin keratoskooppi ja muut Placidon renkaihin perustuvat laitteet auttoivat havaitsemaan mahdollisen keratokonuksen, epä-säännöllisen astigmatian ja sen aikaiset kireät kaihileikkauksen ompeleet. Laitteen uniikki ominaisuus oli juurikin se, että vääristyneen kuvion ja kireät ompeleet pystyi näkemään samanaikaisesti tutkimuksen aikana. Kleinin keratoskooppia pystyi muokkaamaan lisäämällä siihen 35 mm yksisilmäisen peiliheijastuskameran 50 mm polttovälillä, jolloin rengaskuvio voitiin valokuvata. Lisäämällä keratoskoopin 18 dioptrian linssin eteen 5 dioptrian linssi saatiin renkaiden ulommainen halkaisija kasvatettua seitsemään millimetriin. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 4.)

Kleinin keratoskoopin suurin heikkous oli laitteen kallistuman ja sarveiskalvon poikkeavuuksien sekoittuminen keskenään. Kuten kaikissa keratoskoopeissa laitteen asettaminen suoraan mitattavan silmän eteen on erittäin tärkeää. Laite on pidettävä kohtisuorassa asiakkaan näköakseliin nähden, jotta laitteen kaikki osat ovat yhtä kaukana silmästä. Kleinin keratoskoopissa tämä asettelu perustuu ainoastaan tutkijan omaan arviointikykyyn, ja se on usein hankalaa. Jos renkaat näkyvät ellipsin muotoisena, tutkija saattaa kallistaa tai kiertää keratoskooppia, jotta renkaat muuttuisivat pyöreämmiksi. Jos asiakkaalla on todellisuudessa esimerkiksi sarveiskalvon astigmatiaa, tämä korjausliike peittää sen näkyvistä. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 4.)

3.2 Keratometri

Bausch ja Lombin tavaranimi oftalmometrille oli keratometri, jota alettiin yleisesti käyttää oftalmometri -nimikkeen sijaan. Keratometrissä on valaistut rengaskuviot, jotka heijastuvat sarveiskalvon pinnalta kaarevan peilin tavoin. Sarveiskalvon etupinnan kaarevuuden säde on määritelty neljästä mittapistestä, jotka esiintyvät pareina. Keratometrin validiteetti perustuu oletukseen siitä, että sarveiskalvo on sfääris-sylinteripinta. Kaarevuuden säteen määrittämiseksi mitataan kohdeparien etäisyys toisistaan eri meridi-

aaneilla. Tämä etäisyys vaihtelee noin 2.6-3.7 mm riippuen sarveiskalvon kaarevuudesta. Keratometri määrittää jyrkimmän meridiaanin voimakkuuden ja sijainnin. Se näyttää myös 90 astetta jyrkimmästä meridiaanista sijaitsevan meridiaanin voimakkuuden. Laite pystyy mittaamaan tavallista sfääris-sylinteripintaa alle 0.25 dioptrian tarkkuudella. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 4.)

Keratometri sopii hyvin esimerkiksi piilolinssien sovittamiseen normaalille sarveiskalvolle. Keratometrin heikkoutena on se, että se olettaa sarveiskalvon pinnan olevan sfääris-sylinterinen. Tällöin pienetkin sarveiskalvon epäsäännöllisyydet aiheuttavat renkaiden vääristymän, näin estäen luotettavan mittauksen. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 4.)

3.3 Fotokeratoskooppi

Fotokeratoskooppi on laite, jossa keratoskooppiin on lisätty kamera, jolla voidaan ottaa valokuva sarveiskalvon pinnalta heijastuvista renkaista. Fotokeratoskooppi heijastaa sarjan pyöreitä samankeskeisiä renkaita, jotka muodostavat virtuaalikuvan silmän etukammioon. Sarveiskalvon etupinnan voimakkuus saadaan selville tarkasteltaessa renkaiden kokoa ja muotoa. Loiva sarveiskalvo muodostaa kuvan renkaista, joissa on suhteellisen suuri halkaisija. Samanaikaisesti saadaan selville sarveiskalvon kaarevuuden säde määräytyltä alueelta havainnoimalla sarveiskalvolta heijastuvien renkaiden eroja. Pinnan epäsäännöllisyyden tunnistaa renkaiden vääristymästä. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 6.)

Laitteen etu keratoskooppiin verrattuna on se, että se tarjoaa tietoa sarveiskalvon pinnasta rengasmaiselta alueelta, eikä vain sarveiskalvon kahdelta meridiaanilta. Fotokeratoskoopin tarjoama tieto sarveiskalvon keskeiseltä alueelta on kuitenkin rajallista laitteen rakenteen vuoksi. Jotkut laitteet eivät esimerkiksi pysty antamaan lainkaan tietoa kolmen millimetrin alueelta sarveiskalvon keskeltä, mikä on kuitenkin merkittävin optinen alue. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 6.)

3.4 Videokeratoskooppi

Tietokoneiden kehittyminen 1980-luvulla antoi pohjan myös videokeratoskoopin kehittämiselle. Tietokone pystyi toteuttamaan korkealuokkaisen automatisoidun sarveiskal-

von topografian analysoinnin. Tätä on hyödynnetty kaupallisissa videokeratoskoopeissa, joista yksi ensimmäisistä oli esimerkiksi TMS-1, jonka valmistajana toimi Computed Anatomy Inc. Videokeratoskoopin toimintaperiaate on kuvata Placido renkaita sarveiskalvolla ja määrittää sen avulla renkaiden koko ja muoto. Laite rakentaa uudelleen sarveiskalvon pinnan ja muuttaa graafisen kuvan luettavaan muotoon. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 8.)

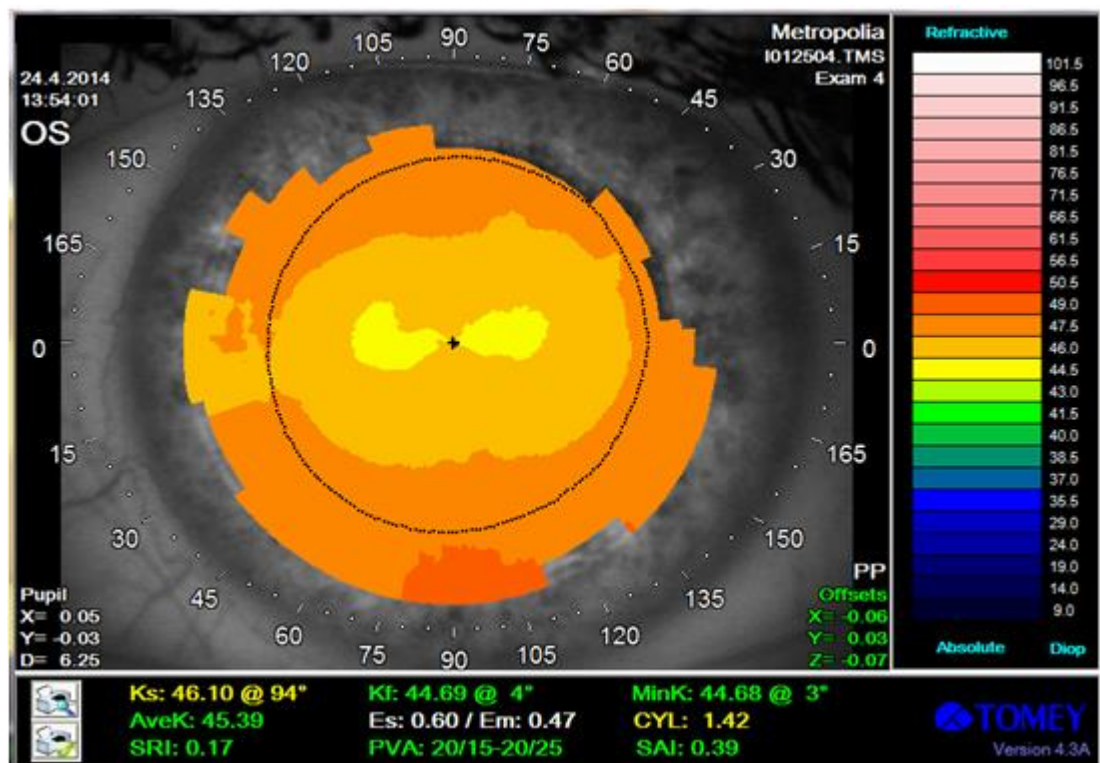
TMS-1 laitteessa mittakartioita on kaksi, normaali 25 renkaan kartio ja piilolinssien sovituksessa käytettävä 30 renkaan kartio. Tämä mahdollistaa laajan sarveiskalvon alueen tarkastelun, sillä 30 renkaan kartiolla on mahdollista analysoida lähes koko sarveiskalvo. Nämä uudet renkaita heijastavat kartiot mahdollistavat todella korkean säteittäisen tarkkuuden, sillä kartio on sivusta katsoen vain 0.17 mm päässä sarveiskalvon pinnalta. Videokeratoskoopilla on myös mahdollista saada tarkkaa tietoa näölle tärkeiltä sarveiskalvon keskeisiltä alueilta, mikä ei ole ollut mahdollista keratometrillä ja perinteisellä keratoskoopilla mitattaessa. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 8.)

Placidon renkaisiin perustuvia videokeratoskooppeja on olemassa kaksi erityyppistä, mittaustavaltaan toisistaan poikkeavaa laitetyyppiä. On olemassa ohuita renkaita ja leveitä renkaita hyödyntäviä laitteita. Ohuita renkaita heijastavissa laitteissa mittaustäisyys on hyvin lyhyt. Näitä laitteita ovat esimerkiksi Tomeyn TMS, Medmontin E-300, Zeissin Humphrey Atlas ja Optikon 2000 Keratron. Ne käyttävät luminanssin huipun mittausalgoritmia, jossa renkaan kirkkain osa eli keskikohta tunnistetaan renkaan keskipisteeksi ja digitaalisesti muunnetaan renkaan reunaksi. Leveitä renkaita käyttävät laitteet, kuten EyeSys 2000 ja Paradigm Dicon CT 200, käyttävät reunan havaitsemiseen algoritmiä, joka havaitsee yksittäisen renkaan kummatkin reunat. Näiden rajatietojen perusteella tietokone pystyy uudelleen rakentamaan sarveiskalvon kaarevuudet. (Szczotka 2002: 32.)

4 Kartat ja asteikot sekä tilastolliset arvot

Topografiakuvia voidaan tarkastella monella eri tavalla. Kuvien karttatyyppejä voidaan vaihdella, jolloin saadaan näkyviin haluttu tieto parhaalla mahdollisella tavalla. Myös asteikkoja voidaan vaihtaa halutun tiedon saamiseksi. Kaikissa kuvioissa 7-12 on käytetty samaa kuvaa saman henkilön vasemmasta silmästä. Vain karttatyyppejä ja asteikkoja on muutettu.

Refraktiivinen kartta on muuten samanlainen kuin standardi kartta, mutta siihen on lisätty sfääristen aberraatioiden vaikutukset. Kuten kuviossa 8 näkyy tämä kartta näyttää hyvin refraktiiviset voimakkuudet, mutta samalla se menettää sarveiskalvon muodon näyttävät ominaisuudet. (Tomey TMS-4. 2010: 54.)

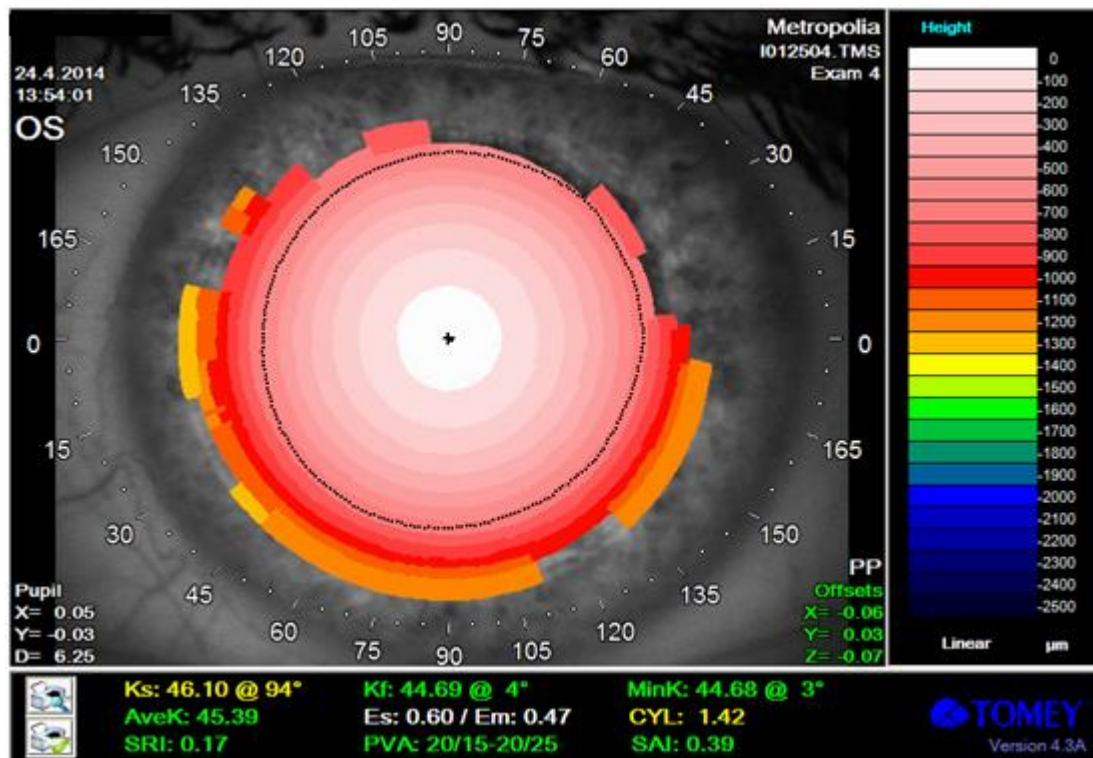


Kuvio 8. Refraktiivinen kartta absoluuttisella asteikolla (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

4.1.3 Korkeuskartta

Korkeuskartta kuvaa sarveiskalvon korkeutta mikrometreinä. Korkeus lasketaan tietokoneella tekniikalla, johon on lisätty Zerniken polynomin funktiot. (Tomey TMS-4. 2010: 56.)

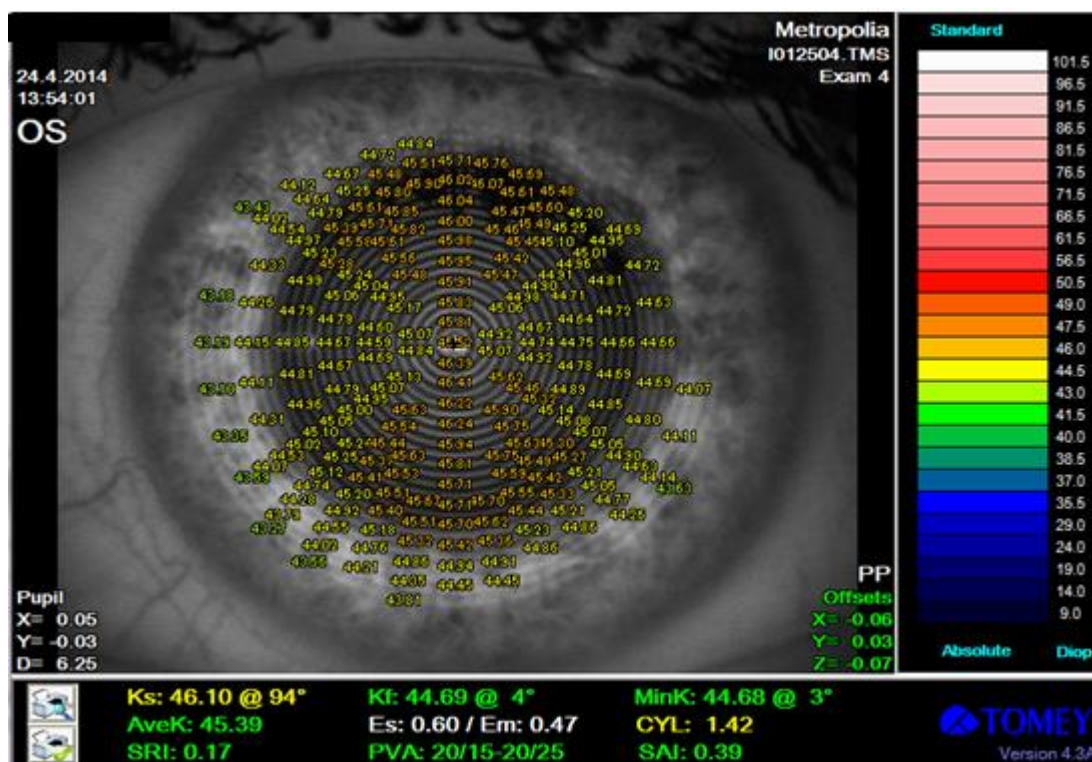
Useimmat korkeuskartat näyttävät suhteelliset korkeuserot tietokoneen määrittelemästä referenssisitasosta, joka parhaiten sopii mitatulle sarveiskalvon topografiselle muodolle. Kuten kuviossa 9, punaiset tai lämpimämmät värit osoittavat sarveiskalvon referenssisitasoa korkeammat alueet ja siniset tai kylmemmät värit näyttävät matalammat alueet. (Szczotka 2002: 33.)



Kuvio 9. Sarveiskalvon korkeuskartta (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

4.1.4 Muut karttatyypit

Muita karttatyyppejä ovat hetkellinen kartta, numeerinen kartta ja 3D kartta. Hetkellisessä kartassa kaarevuuden säde muutetaan vastaavaksi refraktiiviseksi arvoksi. Tällöin kartta näyttää sarveiskalvon rakenteen, mutta refraktiivisen voimakkuuden ominaisuudet menetetään. Kuviossa 10 on numeerinen kartta. Numeerisessa kartassa numeeriset arvot näytetään dioptrioina tai millimetreinä 25:ssä eri meridiaanissa. Tämä kartta ei tarvitse asteikkoa, koska lukemat tulevat suoraan karttakuvan päälle. 3D kartta on kolmiulotteinen kartta, joka saadaan kun normaaliin 2D-kuvaan lisätään sarveiskalvon korkeuskomponentti. Tällöin saadaan havainnollinen kuva tutkittavan sarveiskalvosta. (Tomey TMS-4. 2010: 47-55)



Kuvio 10. Numeerinen kartta (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

4.2 Asteikot

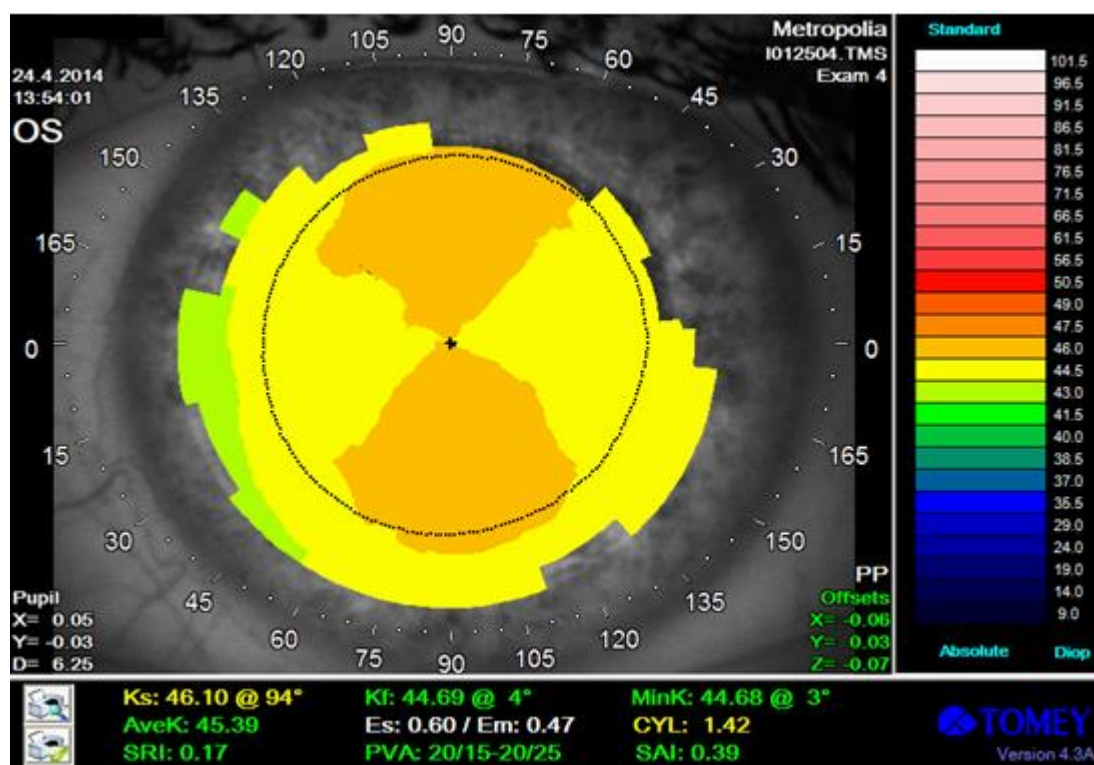
Asteikot näyttävät sarveiskalvon kaarevuudet eri väreinä sinisestä punaiseen. Sininen kuvaa loivaa sarveiskalvon aluetta ja punainen kuvaa jyrkkää sarveiskalvon aluetta. Jokainen näistä asteikoista näyttää refraktiivisen voimakkuuden värikarttana. (Tomey TMS-4. 2010: 57.)

4.2.1 Absoluuttinen asteikko

Absoluuttinen asteikko käyttää Stephen Klycen kehittämää värintunnistusmetodia. Refraktiivinen voimakkuus esitetään erikseen tietyllä värillä ja väriasteikko on jaettu 26 osaan. Yksikkönä on dioptria. Absoluuttinen skaala pakottaa datan sopimaan ennalta määritellylle dioptriaaliselle vaihteluvälille. Tomeylla ja Optikon 2000 Keratronilla vaihteluväli on 9-100 dioptriaa, EyeSysilla 35-52 dioptriaa ja Zeissin Humphreylla 39-50 dioptriaa. Absoluuttisen kartan keskeinen alue on jaettu astejakoon 11, jonka keskiarvo on 43 dioptriaa. Normaalin sarveiskalvon keskeisen osan keskiarvo on 43 dioptriaa. Tämän 11 portaan astejaon alueella voimakkuuslukema muuttuu 1.5 D jaolla, mutta

tämän alueen ulkopuolella jako menee 5 dioptrian välein. Kuten kuviossa 11 näkyy, absoluuttinen asteikko kuvaa sarveiskalvon kaarevuuksia värein. Värikartta on sitä sinisempi, mitä loivempi sarveiskalvo on siltä kohtaa. Ja mitä jyrkempi sarveiskalvo on, sitä punaisempi värikarttakin on. (Tomey TMS-4. 2010: 58.)

Absoluuttisella skaalalla on myös heikkouksia. Laajoissa vaihteluväleissä dioptriaalinen välimatka yhdelle värille on paljon suurempi kuin esimerkiksi normalisoidussa asteikossa, jolloin kliinisesti merkittäviä epäsäännöllisyyksiä ei välttämättä havaita. Pienemmissä vaihteluväleissä ongelmaksi voi muodostua skaalan kylläisyys. Esimerkiksi jos sarveiskalvo on epätavallisen jyrkkä kartiopullistuman vuoksi, koko kartta voi näyttää tasan punaiselta ilman rajoja, koska kaikki kaarevuudet ovat jyrkempiä kuin skaalan korkein voimakkuus. (Szczotka 2002: 33.)

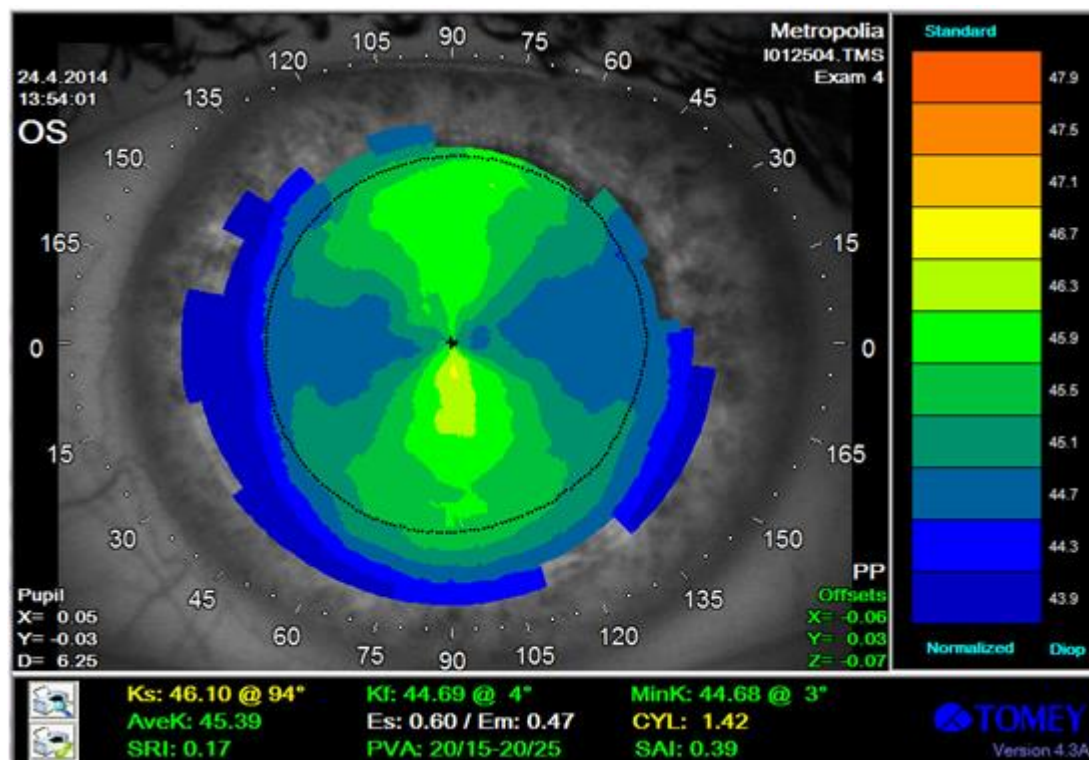


Kuvio 11. Absoluuttinen asteikko standardilla kartalla (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

4.2.2 Normalisoitu asteikko

Normalisoitu asteikko pystyy näyttämään värikartan yksityiskohtaisemmin verrattuna absoluuttiseen asteikkoon. Kuviossa 12 näkyy paljon pienemmät eroavaisuudet, kuin absoluuttisen asteikon kuvassa. Normalisoidun asteikon värikartta on jaettu 11 osaan

siten, että tutkittavan silmän refraktiivisen voimakkuuden maksimi- ja minimiarvojen väli jaetaan 11 osaan. Jos refraktiivisen voimakkuuden maksimi- ja minimiarvojen väli on hyvin suuri, jokaisen värin voimakkuusalue tulee laajemmaksi. Vastaavasti, jos arvojen väli on pieni, niin jokaisen värin voimakkuusalue kaventuu. Minimi voimakkuusväli on 0.4 dioptriaa. (Tomey TMS-4. 2010: 59.)



Kuvio 12. Normalisoitu asteikko standardilla kartalla (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

4.2.3 Säädettävä asteikko

Säädettävän asteikon värikartta jaetaan 26 yhtä suureen osaan. Tämä asteikko yhdistää normalisoidun asteikon ja absoluuttisen asteikon hyödyt. Säädettävän asteikon nimen mukaisesti 26 yhtä suuren osan välin voimakkuusero on käyttäjän itsensä säädettävissä. (Tomey TMS-4. 2010: 60.)

4.2.4 Muut asteikkotyypit

Muita asteikkoja ovat Klyce/Wilson -asteikko ja Maguire/Waring -asteikko. Klyce/Wilson -asteikko näytetään 28.0 - 65.5 dioptrian välillä, 1.5 dioptrian värvälein. Ma-

guire/Waring -asteikko taas näytetään 32.0 - 57.0 dioptrian välillä, 1.0 dioptrian väriälein. (Tomey TMS-4. 2010: 61-62.)

4.3 Tilastolliset arvot

Keratometriarvot ilmoitetaan @ -merkkiä käyttäen. Esimerkiksi 42.72@165. Tämä tarkoittaa, että sarveiskalvolla 42.72 dpt voimakkuus on suunnassa 165 astetta. Merkintä eroaa siis yleisestä silmälasireseptien akselisuunnasta, jossa ilmoitettu voimakkuus on sarveiskalvolla ilmoitetusta suunnasta 90 astetta. (Tomey TMS-4. 2010: 45.)

Tilastolliset lukemissa Ks tarkoittaa sarveiskalvon jyrkintä kohtaa ja Kf sijaitsee 90 astetta kohtisuoraan siitä. MinK taas osoittaa loivimman kohdan sarveiskalvolla. Es/Em tarkoittavat sarveiskalvon ellipsin eksentrisyyden likiarvoja. Ympyrän eksentrisyys on 0. Ellipsin eksentrisyysarvo on suurempi kuin 0, mutta pienempi kuin 1. Ellipsi on sitä pidempi, mitä suurempi arvo on. Es sijaitsee meridiaanilla Ks ja Em meridiaanilla MinK. (Sade de Paiva - Lindsey - Pflugfelder 2003: 1102)

SRI (surface regularity index) kuvaa sarveiskalvon säännöllisyyttä. PVA (potential visual acuity) antaa suuntaa mahdolliselle parhaalle näöntarkkuudelle optisella korjauksella. SAI (surface asymmetry index) kuvastaa sarveiskalvon pinnan epäsymmetrisyyttä. (Sade de Paiva - Lindsey - Pflugfelder 2003: 1102)

SRI ja SAI kehitettiin sarveiskalvon pinnan topografian määrällistä arviointia varten. Kummatkin niistä korreloivat parhaaseen korjattuun näöntarkkuuteen. SRI määräytyy voimakkuuden vaihteluista 10 keskeisimmän renkaan alueella. Tämä indeksi arvioi pinnan säännöllisyyden sarveiskalvon keskeisellä alueella, joka vastaa suurin piirtein pupillin aluetta normaalissa valaistusolosuhteissa. Tämä arvo on lähellä nollaa normaalissa tasaisessa sarveiskalvossa ja kasvaa epäsäännöllisen astigmatian kasvaessa. SRI korreloi suoraan PVA:han eli sarveiskalvon epäsäännöllisyys vaikuttaa suoraan odotettuun parhaaseen näöntarkkuuteen. Arvoa 0.5 pidetään vielä normaalina SAI:lle ja SRI:lle. SAI määräytyy sarveiskalvon keskeisistä voimakkuuseroista, jotka mitataan keratografisten renkaiden vastaavista pisteistä. Nämä mitattavat pisteet ovat renkailla 180 asteen linjassa toisistaan. (Sade de Paiva - Lindsey - Pflugfelder 2003: 1102) SAI kasvaa, kun asymmetrisyys sarveiskalvon voimakkuuden jakaumassa keskeisellä alueella kasvaa. (Rabinowitz - Wilson - Klyce 1993: 16.)

Sekä SRI että SAI nousevat merkittävästi kuivasilmäisyydessä. Normaalieihin sarveiskalvoihin verrattuna kuivissa silmissä PVA on tutkittu olevan merkittävästi alhaisempi. Nousseet SRI- ja SAI -arvot sekä alentunut PVA voisivat olla yksi syy sumenevaan ja vaihtelevaan näkökykyyn. (Liu - Pflugfelder 1999: 942.)

5 Tutkimus ja sen toteutus

Opinnäytetyössämme halusimme tulkita topografiakuvia optikolle hyödyllisestä näkökannasta. Tutkimuksessa halusimme vertailla kahden erilaisen topografialaitteen tuottamia kuvia sarveiskalvolta toisiinsa ja nähdä, eroaisivatko ne toisistaan eri mittaustapojen vuoksi. Halusimme myös tutkia, kuinka suuri vaikutus silmän kyynelneesteellä on kuvien laatuominaisuuksiin. Siksi sisällytimme tutkimukseen silmätipat, joilla saisimme keinotekoisesti hyvän kyynelfilmin sarveiskalvon päälle ja lisättyä kyynelneesteen määrää. Jotta kyyneltippojen mahdollinen haihtuminen tai vaikutus kuviin saataisiin vielä paremmin selville, sisällytimme tutkimukseen myös NIKBUT -menetelmän. Näin tutkimuksessa saisimme selville, ovatko topografiakuvat aina samanlaisia vai voiko niissä ilmetä eroja olosuhteiden tai laitteiden mittaustekniikkaerojen vuoksi.

5.1 Tutkimussuunnitelma ja tavoitteet

Tutkimuksen rakennetta ja kulkua kävimme läpi ensin teoriassa ja myöhemmin käytännössä. Halusimme, että tutkimus olisi mahdollisimman järkevä rakenteeltaan sekä helposti analysoitavissa myöhemmässä vaiheessa. Lähdimme rakentamaan tutkimusta käytännöllisyyden kannalta. Mietimme ensin, miten tutkimuksen pitäisi kulkea. Tämä hioutui, kun saimme selville tutkimustilan sekä laitteiden koot. Tutkimuspaikaksi määräytyi Metropolia Ammattikorkeakoulun näöntarkastustilat. Saimme tutkimusta varten käyttöömmme yhden näöntarkastustilan. Nämä asiat tutkittavan mahdollisimman helpon kulkemisen lisäksi rajasivat tutkimuksen kulkua erittäin paljon.

Tutkimuksen kannalta tärkeäksi osaksi muodostui kuvien rinnastaminen toisiinsa. Tutkimuksen tuli kulkea niin, että kuvat voitiin ajallisesti ja laadullisesti suhteuttaa toisiinsa. Tärkeäksi aikaa rajaavaksi tekijäksi nousi silmätippojen aiheuttama vaikutus topografiakuviin. Testasimme alkutesteissämme useasti silmätippojen stabiloitumisaikaa. Näiden tutkimusten seurauksena totesimme, että yhden silmätipan laitton jälkeen kyynel-

filmi tasapainottui vasta noin viidentoista minuutin jälkeen. Tämä tulos määräsi jatkossa valtaosin tutkimuksemme aikataulun. Alkutestien perusteella suunnittelimme tutkimuksen rakenteen, joka oli sekä ajallisesti että tutkinnallisesti käytännöllinen. Rakenteen perusteella teimme 'Tutkimuksen kulku' -suunnitelman, jonka pohjalta teimme kaikki tutkimukset. Jokaisesta tutkittavasta otettiin tietty määrä kuvia sekä kyynelnestemittauksia. Tutkimus kesti aina melkein täsmälleen 30 minuuttia. Ajastimme tutkimukset, jotta saimme kaikkien mittauksien aloitusajat vastaamaan toisiaan ja näin ollen olemaan vertailukelpoisia.

5.2 Tutkimuksessa käytetyt sarveiskalvon topografialaitteet

Tutkimuksessa käytettäviksi laitteiksi valikoituivat Juha Päällysahon suosituksesta Tomey TMS-4 sekä Oculus Keratograph 5M. Tomeyn laite käyttää ohuita renkaita ja Oculus leveitä renkaita. Tomeyn laitteen saimme lainaan Iogen Oy:ltä ja Oculusen Optiikka Juuriselta.

5.2.1 Tomey TMS-4

Tomey TMS-4 eroaa tavallisista keratometreista siten, että se muodostaa tietokonepohjaisen ohjelman avulla värilliset kartat sarveiskalvon muodoista ja refraktiivisista ominaisuuksista. Laitteessa on matalaluminanssinen valokartio keratoskooppi, joka käyttää lyhyttä mittausväliä. Etäisyys sarveiskalvosta on vain 0.17 mm. (Tomey TMS-4 2010: 12.) Laite käyttää luminanssin huipun algoritmiä, jossa renkaan kirkkain osa eli keskikohta tunnistetaan digitoitavan renkaan reunaksi. (Szczotka 2002: 32.). Keratoskooppi projisoi sarveiskalvolta tulevat heijastukset 180 mikronin välein samankeskeisten renkaiden lakipisteestä. Kuviossa 13 näkyy itse laite vasemmalla puolella ja laitteen ohuisiin Placidon renkaisiin perustuva mittakartio oikealla. Laitteessa on kaksi vaihdettavaa mittakartiota, normaali 25 renkaan kartio ja piilolinssien sovitukseen tarkoitettu 31 renkaan kartio. 31 renkaan kartiolla saadaan kuvattua silmää laajemmalle periferialle. (Tomey TMS-4 2010: 12)

Kuvia analysoidessa, ohjelma pystyy erottelemaan 256 pistettä yhdestä projisoidusta renkaasta. Näistä mittauspisteistä saadaan laskettua sarveiskalvon kaarevuus- ja refraktiiviset arvot jokaiselle mittauspisteelle erikseen. (Tomey TMS-4 2010: 12). Yhteensä mittapisteitä 25 renkaalla on 6400 ja 31 renkaalla 7936. Maksimissaan laite saa 25

renkaan kartiolla sarveiskalvolta tietoa 8.8 mm alueelta ja minimissään 0.46 mm alueelta. 31 renkaassa mittausalue taas on 10.9 mm. Laitteen sfäärinen mittaustarkkuus on ± 0.02 mm ja akselin mittausalue 0-179 astetta. (Tomey TMS-4 2010: 93.)



Kuvio 13. Tomey TMS-4 ja sen mittauskartio (Tomey 2011)

5.2.2 Oculus Keratograph 5M

Oculus Keratograph 5M on pidemmän mittausvälin laite, jossa mittauspään valon kirkkaus on suurempi kuin lyhyen mittausvälin laitteessa. Se yhdistää keratometrisen mittaamisprosessin topografiseen kartoitukseen (Instruction Manual Keratograph 5M 2012: 8). Laitteen työskentelyetäisyys on 78-100 mm sarveiskalvosta (Instruction Manual Keratograph 5M 2012: 62). Mittaamiseen käytetään Placidon renkaita, jotka heijastetaan sarveiskalvolle. Tämä kuva kaapataan tarkkuusobjektiivilla sekä korkean resoluution värikameralla. Analoginen kuva valmistellaan ensin analyysia varten mittausyksikössä, jonka jälkeen se digitoidaan ja siirretään tietokoneen analysoitavaksi. (Instruction Manual Keratograph 5M 2012: 8.)

Laite käyttää reunan havaitsemiseen algoritmiä, joka havaitsee yksittäisen renkaan kummatkin reunat. Näiden rajatietojen perusteella tietokone pystyy rekonstruoimaan sarveiskalvon kaarevuudet. (Szczołka 2002: 32.) Tässä rekonstruoimisessa laite analysoi 22 000 mittauspistettä. Mittaustulokset näytetään monitorilla värikarttana, kaaviona sekä spatiaalisena kuvana. Kuviossa 14 näkyy itse laite ja sen käyttämä leveämpiin Placidon renkaihin perustuva mittapää. Laitteessa on 22 rengasta. Laitteen mit-

tausalue dioptrioissa on 9-99 ja millimetreissä 3-38. Laitteen mittauksen tarkkuus on ± 0.1 dpt. (Instruction Manual Keratograph 5M 2012: 62.) Kuviossa 14 on esitelty laitteen eri osiot ja Placidon renkaat.



Kuvio 14. Keratograph 5M (Instruction Manual Keratograph 5M 2012: 7)

5.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen toteutuksen pohjana käytimme aiemmin laatimaamme tutkimussuunnitelmaa sekä sen pohjalta tehtyä helpommin ymmärrettävää tutkimuksen kulku - suunnitelmaa. Näiden pohjalta tutkimukset oli mahdollisimman vaivatonta suorittaa samalla tavalla ja samalla ajanjaksolla. Näiden kahden suunnitelman pohjalta laadimme myös suostumuslomakkeen asiakkaalle luettavaksi ja täytettäväksi sekä itsellemme mittausten kirjauslomakkeen. Tähän lomakkeeseen kirjasimme kaikki tutkimukset ja

niiden tulokset ylös käsin. Näin pystyimme helposti tarkistamaan, mitä oli jo tehty ja mitä ei.

5.3.1 Tutkittavien valinta

Tutkimukseen halusimme sisällyttää noin 20 tutkittavaa. Näin saimme tutkittua 40 silmää. Tutkittavana olivat ammattikorkeakoulun opiskelijat, opettajat sekä muut mahdolliset koehenkilöt. Heitä pyydettiin osallistumaan tutkimukseen, kun he olivat esimerkiksi näöntarkastustunnilla. Joidenkin tutkittavien kanssa tutkimuksen ajankohdasta sovittiin etukäteen, jos he eivät suoraan ehtineet tulemaan mittauksiin.

5.3.2 Suostumuslomake

Tutkittaville laadimme suostumuslomakkeen, johon sisällytettiin opinnäytetyömme tavoite, mitä tutkimme sekä tutkimuksen sisältö ja aika. Tämän luettuaan tutkittavan tuli täyttää omat tietonsa lomakkeeseen. Lomakkeessa kysyimme tutkittavan nimen, sukupuolen, syntymäajan ja iän vuosina. Näiden yleisten tietojen lisäksi halusimme tutkimuksen analysoinnin kannalta tietää muita tuloksiin vaikuttavia tietoja, joten olimme sisällyttäneet lomakkeeseen myös mahdolliset silmäleikkaukset tai silmäsairaudet sekä henkilökohtaisen kokemuksen kuivasilmäisyydestä. Lopuksi kysyimme vielä, onko asiakkaalla silmälaseja ja jos on, mikä on hänen silmälasivoimakkuutensa. Allekirjoittamalla lomakkeen asiakas vakuutti tiedot oikeiksi sekä suostui tutkimukseen.

5.3.3 Tutkimukset

Asiakkaan allekirjoitettua suostumuslomakkeen, aloitimme mittaukset. Samaan näöntarkastustilaan olimme sijoittaneet molemmat topografialaitteet, jolloin valaistusolosuhteet olivat molempien mittauksissa samanlaiset. Tilan valaistuksen pidimme himmeänä, jotta taustavalistus ei vaikuttaisi topografiakuviin millään tavalla vääristävästi.

Aloitimme tutkimuksen ottamalla kolme topografiakuvaa per silmä molemmilla topografialaitteilla. Kuviossa 15 nähdään asiakkaan tutkimuksen aikainen asento Tomey TMS 4 -laitteella. Tämän jälkeen mittasimme Oculus Keratograph 5M -topografialaitteella vielä NIKBUT -arvon, joka oli lisäominaisuutena laitteessa. Näin saimme otettua mittauksen kyynelfilmistä noninvasiivisesti, jolloin tuloksena oli mahdollisimman luonnolli-

nen tulos kyynelfilmistä. Käytimme mittauksessa laitteen omaa valoa, sillä koimme tällä lisävalolla saavamme tarkemman videokuvan silmän pinnasta ja näin ollen paremman tuloksen kyynelfilmin tarkasta rikkoutumisajasta. Kun mittasimme NIKBUT -arvon tässä vaiheessa, saimme arvon silmän normaalista kyynelfilmin tasapainosta ja rikkoutumisajasta.



Kuvio 15. Tutkimuksen aikana tutkittava katsoo laser -kohdevaloa. Valokartio asetetaan aivan tutkittavan kulmaluun lähelle, jotta saadaan paras mahdollinen tutkimusetäisyys (Nakolinna 2014)

Seuraavaksi laitoimme oikeaan silmään silmätipan, jolloin käynnistimme myös sekuntikellon. Sekuntikellolla halusimme varmistaa, että saisimme kaikki mittaukset tästä hetkestä eteenpäin aina samaan aikaan, jotta mittauksia voisi näin verrata toisiinsa. Laitteiden mittausajan vuoksi laitoimme vasempaan silmään silmätipan vasta kahden minuutin päästä oikean silmän jälkeen. Näin kummankin silmän mittaukset saatiin tehtyä oikeaan aikaan.

Seuraavaksi mittasimme jälleen NIKBUT -arvon viiden minuutin päästä. Tällöin mittasimme ensin oikean silmän ja seuraavaksi vasemman silmän. Koska vasemman silmän tippa oli laitettu kaksi minuuttia myöhemmin mittausaika huomioonottaen, saimme molemmista silmistä mittaukset täsmälleen viisi minuuttia tippojen laittamisen jälkeen. Koska olimme todenneet alkututkimuksissa, että kyynelfilmin tasoittumiseen yleensä kului ainakin 15 minuuttia aikaa, teimme NIKBUT -mittauksia kolme. Ensimmäinen mittaus oli viiden minuutin kohdalla, toinen kymmenen ja kolmas viidentoista minuutin

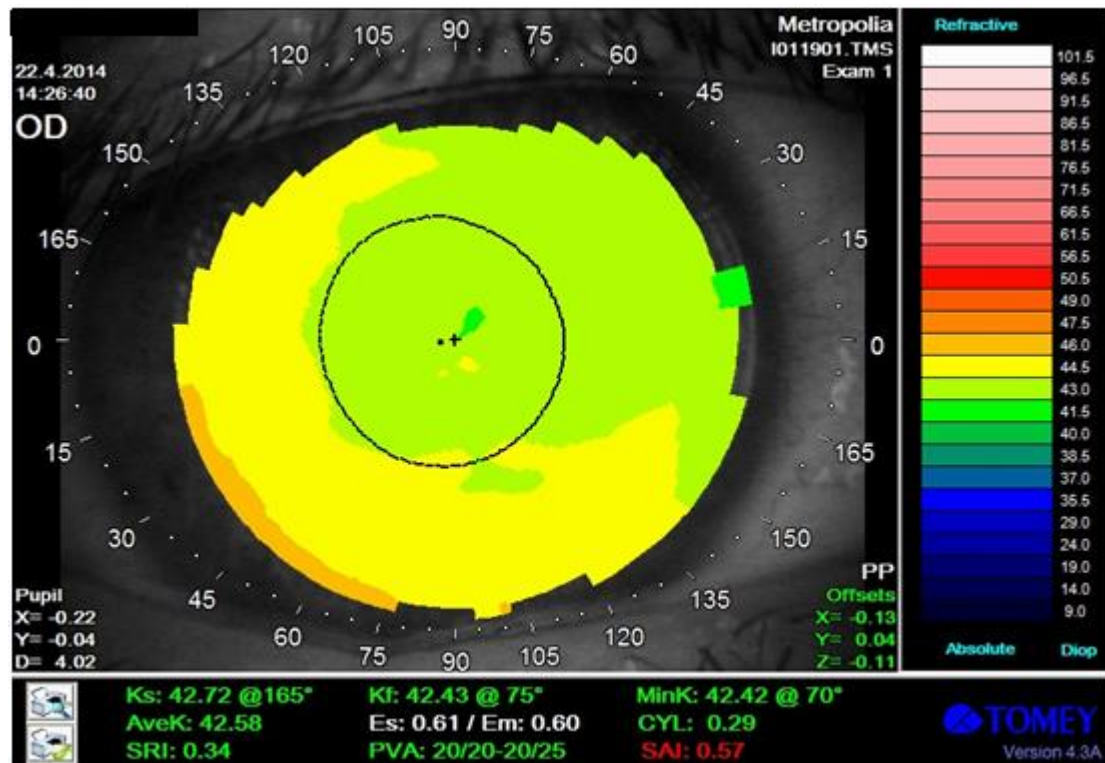
kohdalla. Tämän viidentoista minuutin jälkeen otimme jälleen kolmet topografiakuvat per silmä kummallakin laitteella. Otimme kuvat vasta tässä vaiheessa, sillä olimme jo aiemmin todenneet että topografiakuvien kannalta tärkeä kyynelfilmi olisi tasoittunut todennäköisimmin vasta tässä vaiheessa. Näin saisimme mahdollisimman todenmukaisia kuvia sarveiskalvosta ja sen muodoista. Viimeiseksi otimme NIKBUT -mittauksen nähdäksemme, pysyykö kyynelneste tosiaan stabiilina.

6 Kuvien analysointi ja johtopäätökset

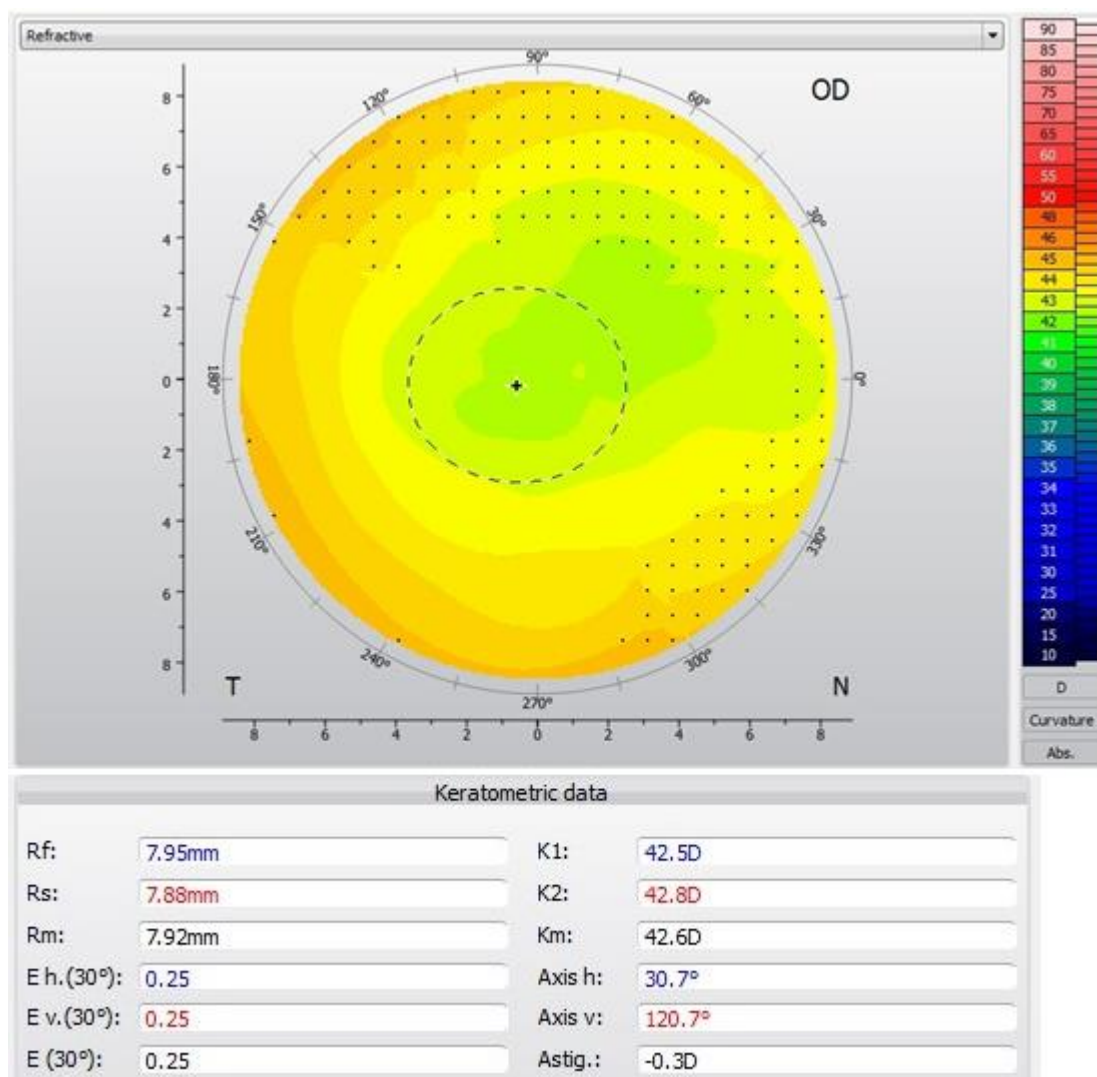
Valitsimme kuviemme kartoiksi ja asteikoiksi mahdollisimman lähellä toisiaan olevat skaalat, jotta kuvia voisi vertailla keskenään. Karttatyypinä Tomeyssä käytettiin refraktiivista karttaa ja absoluuttista asteikkoa. Oculuksessa käytettiin refraktiivista karttaa ja eniten absoluuttista asteikkoa vastaavaa asteikkoa. Koska laitteiden kuvaustapa erosi toisistaan, eivät kuvat näytä useinkaan samannäköisiltä, vaikka asteikot olisivatkin samat. Tämä on hyvä muistaa, kun vertailee pitkän ja lyhyen mittausvälin laitteiden antamia kuvia. Topografiakuvia tutkimuksesta tuli yhteensä 480 ja videomateriaalia kyynelneistemittauksista 200. Analysoimme kuvia niiden löydösten perusteella ja valitsimme työhömmä 5 tapausta tarkempaan käsittelyyn. Tapauksiksi valikoituivat: sfäärinen sarveiskalvo, myoopinen sarveiskalvo, astigmatia, kuivasilmäisyys ja silmätippojen vaikutus kuviin sekä refraktiivinen kirurgia.

6.1 Sfäärinen sarveiskalvo

Kuvioissa 16 ja 17 näkyy sfäärinen sarveiskalvo. Tutkittava oli 22 -vuotias henkilö. Tutkittavalla ei ollut silmäsairauksia, eikä silmään tehtyjä leikkauksia. Tutkittavalla ei ollut silmälaseja käytössään. Kuviossa 16 on lyhyen mittausvälin laitteella otettu kuva. Tutkittavan keratometriarvot ovat Ks 42.72@165 ja Kf 42.43@75. Astigmatian määrä on 0.29 dpt. Kuviossa 17 on pitkän mittausvälin laitteella otettu kuva. Tutkittavan keratometriarvot ovat Ks 42.8@120.7 ja Kf 42.5@30.7. Astigmatian määrä on 0.3 dpt.



Kuvio 16. Sfäärinen sarveiskalvo lyhyen mittausvälin laitteella (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

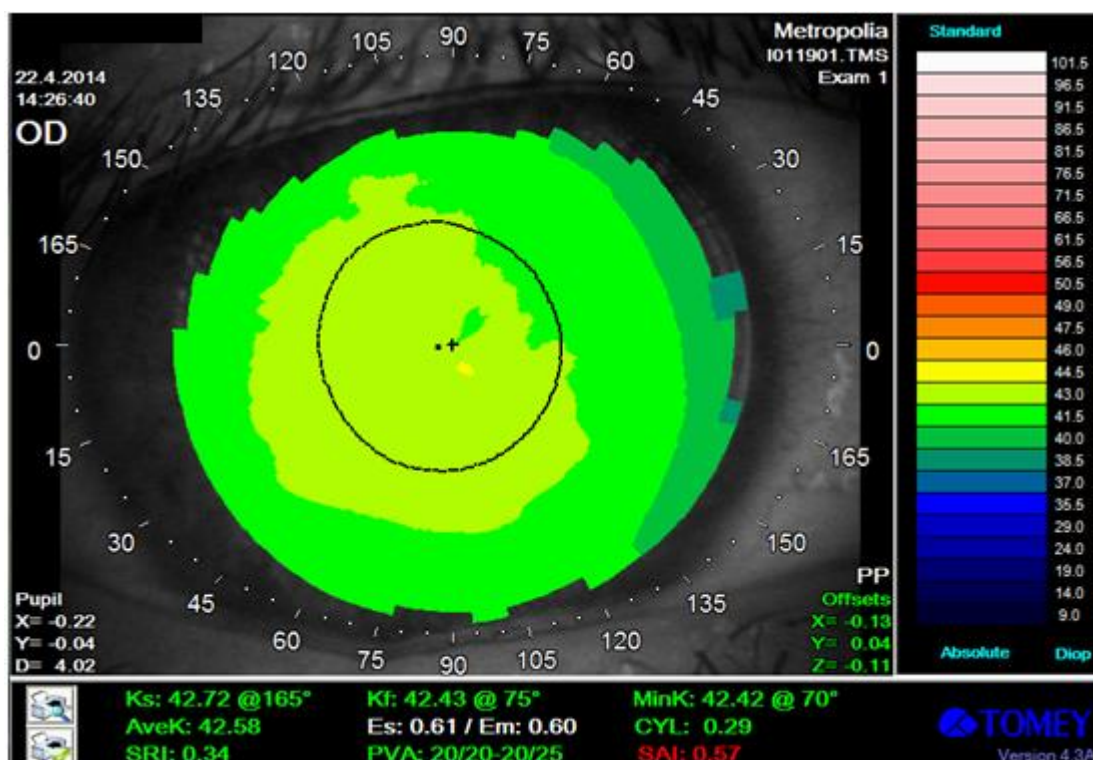


Kuvio 17. Sfäärinen sarveiskalvo pitkän mittausvälin laitteella (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

Kummassakin kuvassa kuvio on melko tasainen ja väriskaala vähäinen. Tämä kuvastaa sarveiskalvon säännöllisyyttä ja enintään pientä astigmatian määrästä, sillä kuvasta ei voi erottaa rusettikuviota. Eri mittaustyylin kuvat näyttävät myös keskenään vertailtuna melko samanlaisilta.

Keratometriarvot ovat hyvin lähellä toisiaan. Vertasimme keratometriarvojen suuntia sekä molempien laitteiden välillä, että saman laitteen eri kuvien kesken. Huomasimme, että sekä laitteiden välillä, että itse laitteen omien kuvien välillä oli eroja asteiden suunnissa. Tämä saattaa johtua siitä, että sarveiskalvo on niin tasainen, että selkeää astigmatian suuntaa on vaikea määrittää. SRI arvo 0.34 kertoo myös sarveiskalvon olevan tasainen. SAI arvo 0.57 on puolestaan hieman korkeahko, mikä viittaa vähäiseen sar-

veiskalvon epäsymmetrisyyteen. Laite arvioi näöntarkkuuden olevan kyseisessä silmässä 0.8-1.0, mikä on myös johdonmukaista.



Kuvio 18. Sfäärinen sarveiskalvo standardilla kartalla (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

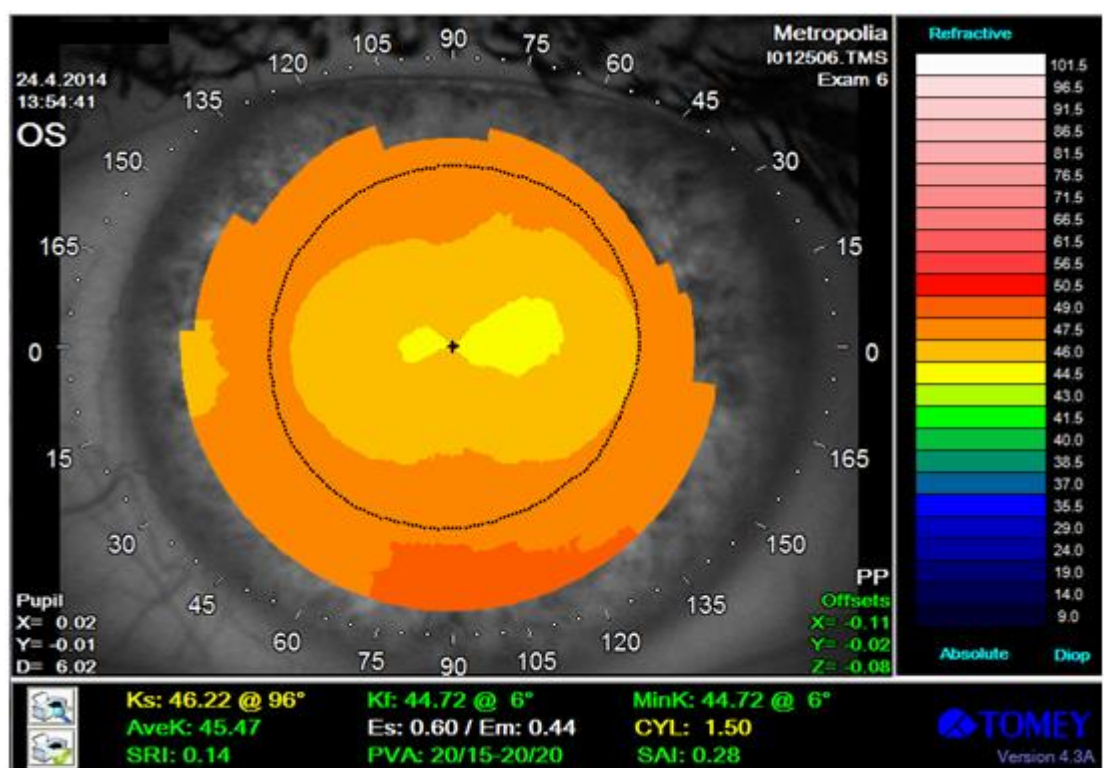
Standardilla kartalla pystyy tuomaan sarveiskalvon muodon esiin. Kuviossa 18 näkyy tasaisen sfäärinen sarveiskalvo. Sama vaaleanvihreä väri (43.0 dpt) peittää valtaosan sarveiskalvosta. Sarveiskalvo loivenee reunoja kohti, joka kuvataan tummemmalla vihreän sävyllä (41.5 dpt).

6.2 Myooppisen silmän sarveiskalvo

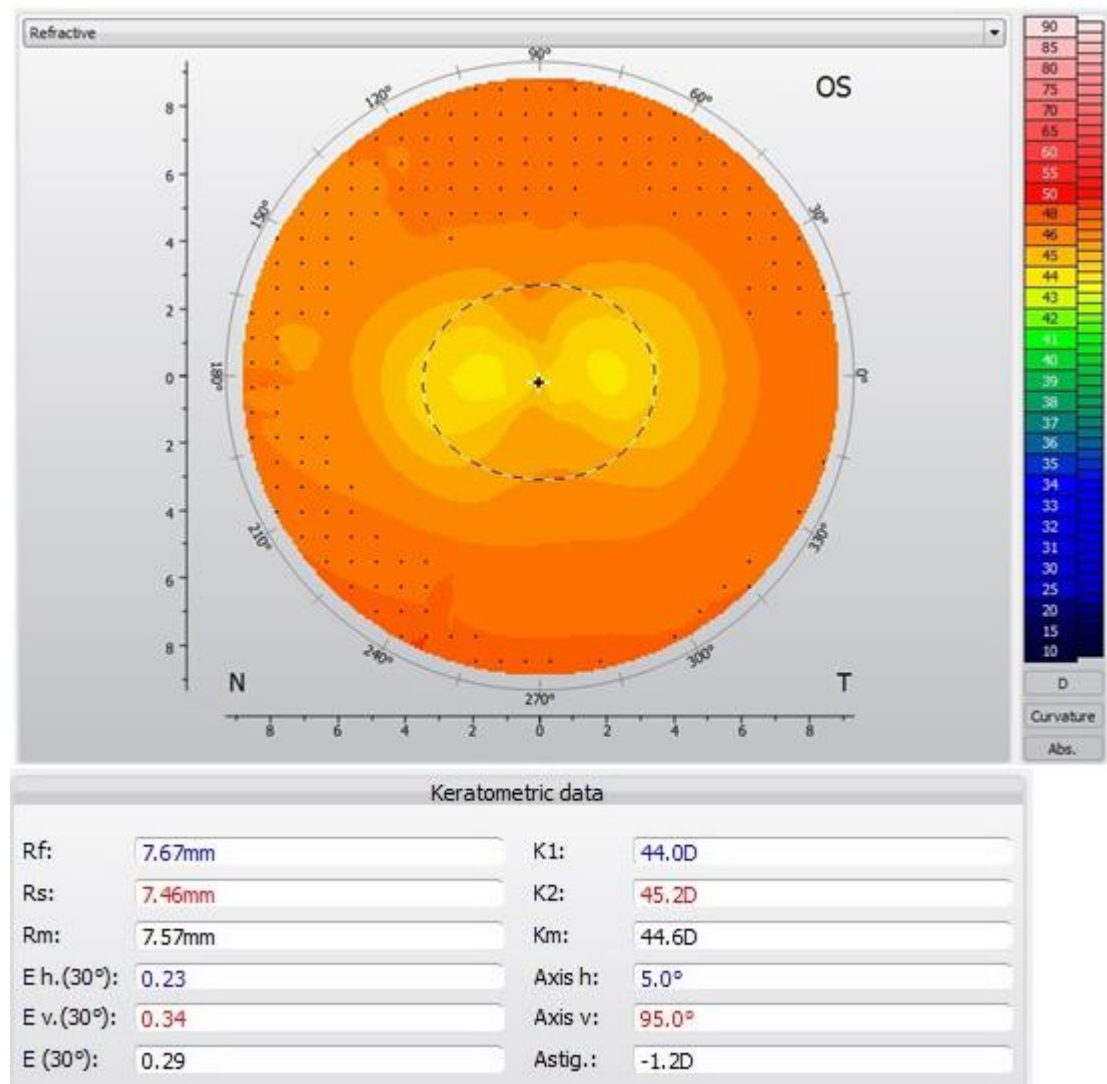
Kuviossa 19 ja 20 näkyy myooppisen silmän astigmaattinen sarveiskalvo. Tutkittava oli 24 -vuotias nainen. Hänellä ei ollut silmäsairauksia, eikä tehtyjä silmäleikkauksia. Kuvissa olevan silmän refraktio on sf -5.25 cyl -0.75 ax 0. Kuviossa 19 on lyhyen mittausvälin laitteella otettu kuva. Tutkittavan keratometriarvot ovat Ks 46.22@96 ja Kf 44.72@6. Astigmatian määrä on 1.5 dpt. Kuviossa 20 on pitkän mittausvälin laitteella otettu kuva. Keratometriarvot ovat Ks 45.2@95 ja Kf 44.0@5. Astigmatian määrä on 1.2 dpt.

Sarveiskalvon dioptriaaliset arvot ovat keskiverto sarveiskalvoa suuremmat, mikä kertoo sarveiskalvon kaarevuuden olevan keskimääräistä jyrkempi. Tämä aiheuttaa sarveiskalvosta johtuvaa myopiaa. SRI on 0.14 ja SAI 0.28. Tämä kertoo sarveiskalvon olevan melko säännöllinen ja lähes symmetrinen. Laite arvioi näöntarkkuuden olevan mahdollisesti 1.0-1.33 lasikorjauksella.

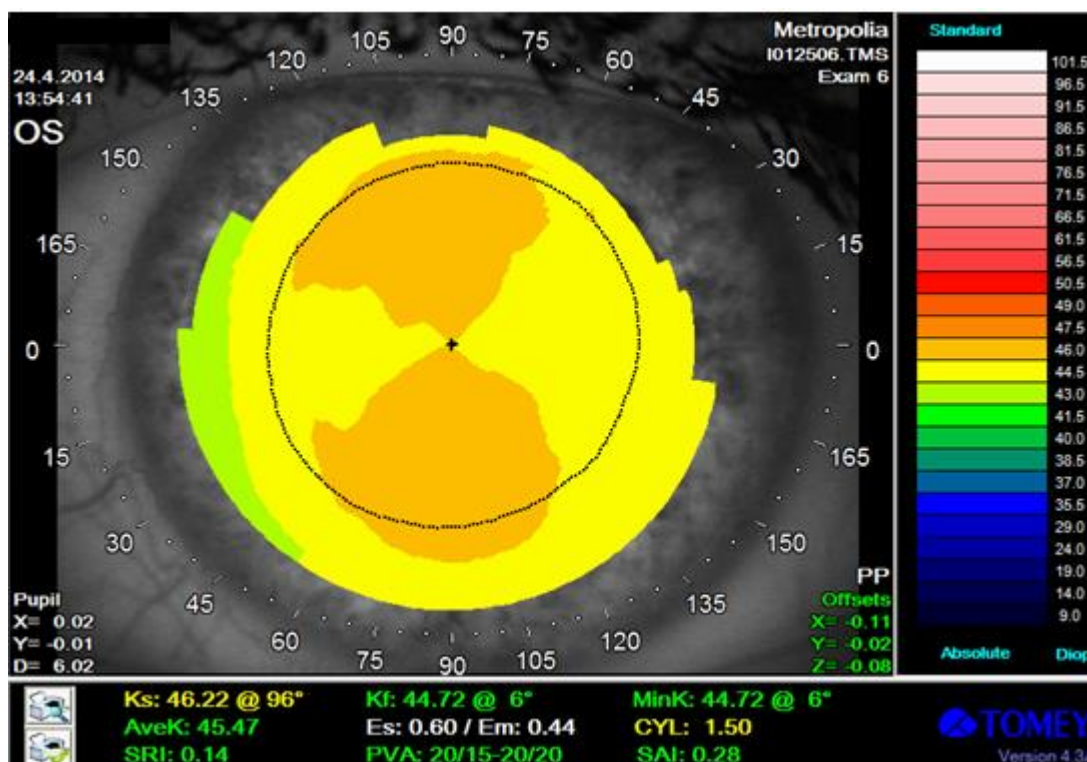
Molemmilla mittaustavoilla otetut kuvat näyttävät keskenään melko samanlaisilta. Kuvien väriskaala on myös hyvin samanlainen. Molemmissa kuvissa sarveiskalvon keskellä on keltaista väriä, joka vastaa noin 44.5 dioptriaa. Laita-alueita kohti väri muuttuu oranssimmaksi ja voimakkuus muuttuu vähitellen noin 49.0 dioptriaan asti.



Kuvio 19. Myooppinen sarveiskalvo lyhyen mittausvälin laitteella (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)



Kuvio 20. Myooppinen sarveiskalvo pitkän mittausvälin laitteella (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

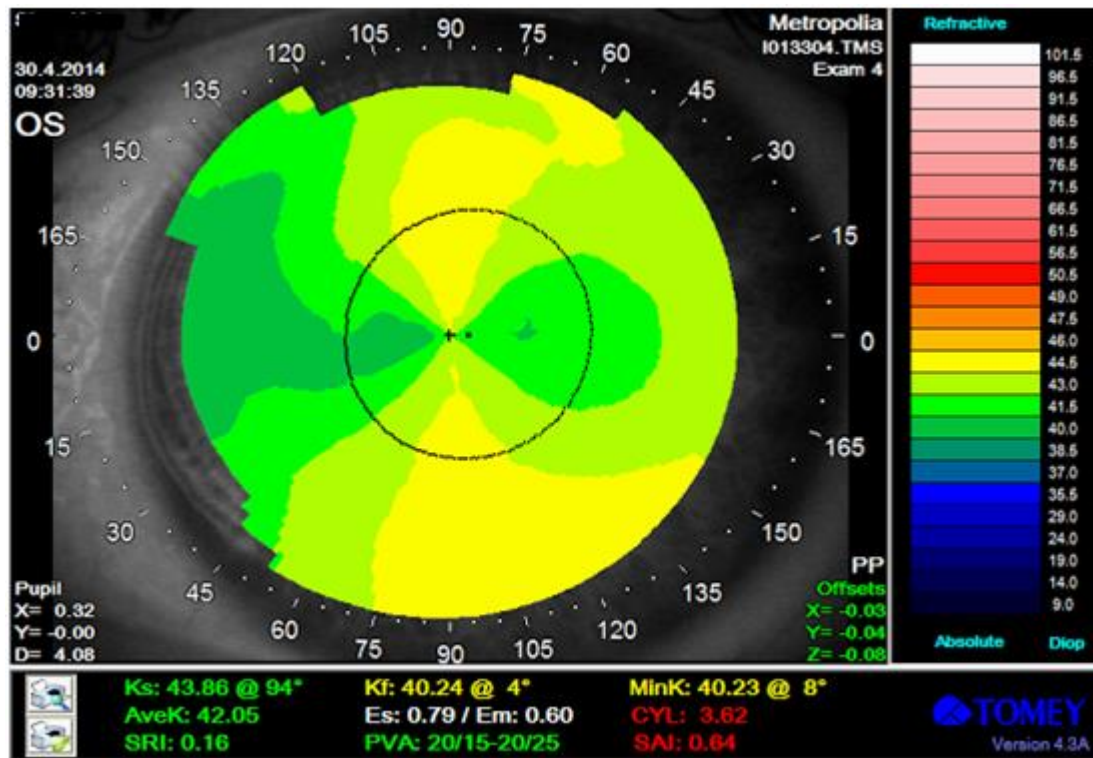


Kuvio 21. Standardi kartta näyttää sarveiskalvon muodon (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

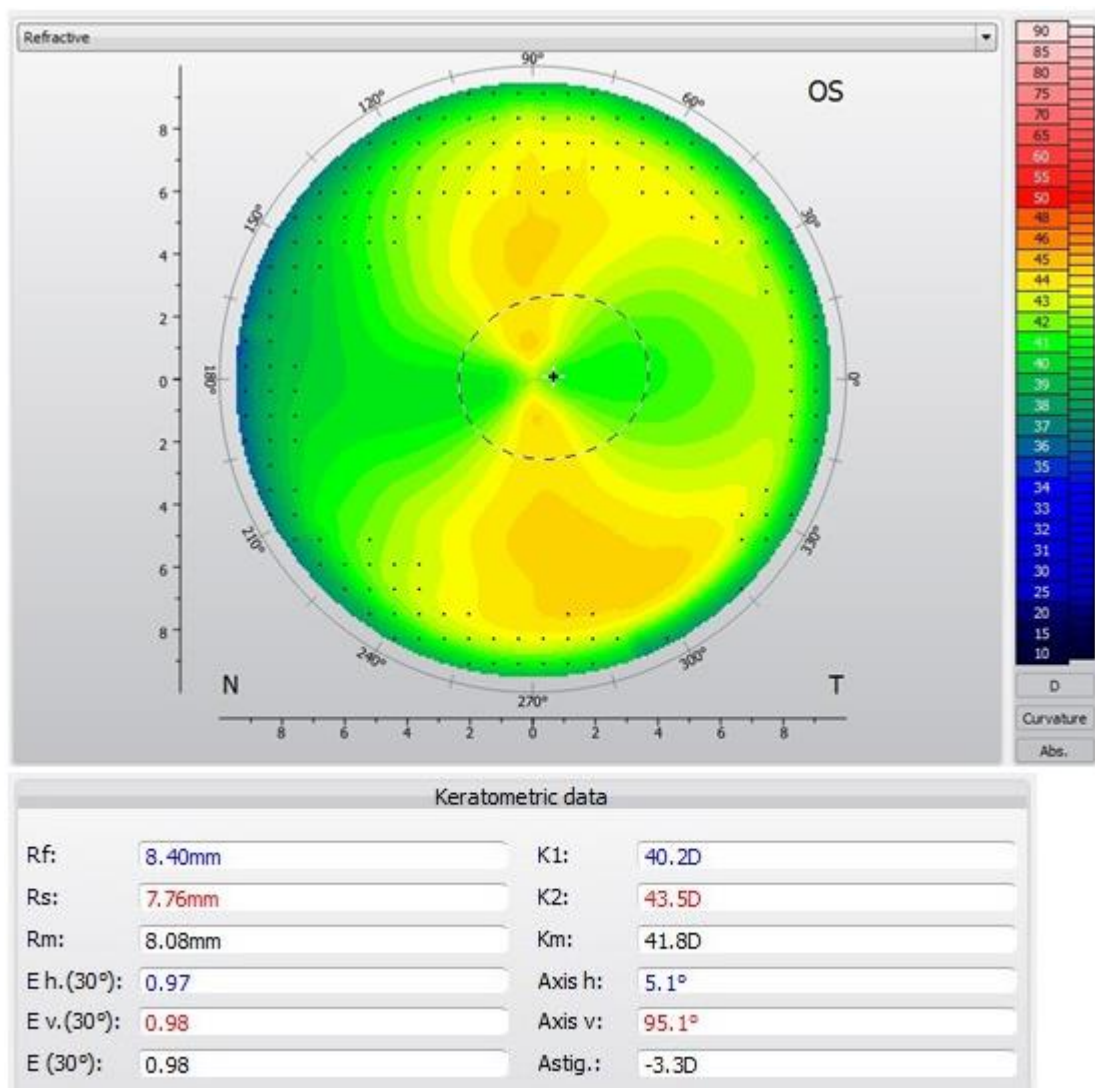
Sarveiskalvon muoto tulee parhaiten esiin standardilla kartalla. Kuten kuviossa 21 näkyy, standardista kartasta voi erottaa pystysuunnassa olevan rusettikuvion, joka kertoo säännönmukaisesta astigmatiasta. Refraktiossa sylinterin akselin suunta on siis lähellä 0 astetta. Pystysuunnassa oleva rusettikuvio on kuvattu lämpimämmällä sävyllä, kuin muu sarveiskalvo. Tämä tarkoittaa sitä, että sarveiskalvo on jyrkin lämpimän värin kohdista. Väri kylmenee sarveiskalvon laita-alueita kohti mentäessä eli sen kaarevuus loivenee sarveiskalvon reuna-alueita lähestyttäessä.

6.3 Astigmatia

Kuvioissa 22 ja 23 näkyvä pystysuunnassa oleva rusettikuvio kertoo säännönmukaisesta astigmatiasta. Refraktiossa korjaavan sylinterin akselin suunta on siis 180 astetta. Tutkittava on 40-vuotias henkilö. Tutkittavalla ei ollut mainittavia silmäsairauksia, paitsi hieman allergiaa, joka oli ärsyttänyt silmiä. Silmäleikkauksia tutkittavalle ei ollut tehty. Tutkittavan vasemman silmän silmälasivoimakkuus on sf +2.75 cyl -3.0 ax 4.



Kuvio 22. Astigmaattinen sarveiskalvo lyhyen mittausvälin laitteella (Nakolinna - Paavola - Rikala-lainen 2014)



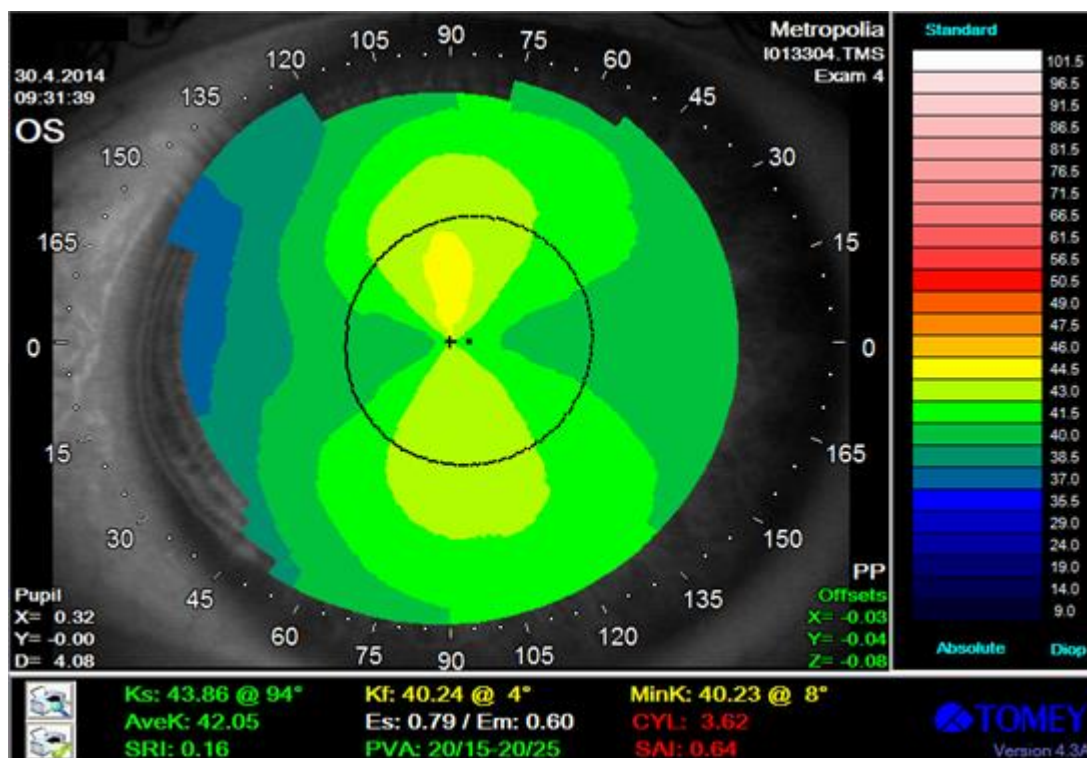
Kuvio 23. Astigmaattinen sarveiskalvo pitkän mittausvälin laitteella (Nakolinna - Paavola - Rikailainen 2014)

Kuviossa 22 on lyhyen mittausvälin laitteella otettu kuva. Tutkittavan sarveiskalvon keratometriarvot ovat Ks 43.86@94 ja Kf 40.24@4. Astigmatian määrä on 3.62 dpt. Se näkyy myös SAI arvossa, joka on 0.64. Kuviossa 23 on pitkän mittausvälin laitteella otettu kuva. Siinä keratometriarvot ovat Ks 43.5@95.1 ja Kf 40.2@5.1. Astigmatian määrä on 3.3 dpt. Tulokset olivat siis hyvin lähellä toisiaan molemmilla mittaus tavoilla mitattuna. Lyhyen mittausvälin laite näytti siis hieman enemmän astigmatiaa.

SRI on 0.16 ja SAI 0.64. SRI arvon tulos kertoo, että sarveiskalvon pinnan säännöllisyys on hyvä sarveiskalvon keskeisellä alueella. SAI arvo on aavistuksen korkea, mikä kertoo sarveiskalvon keskeisistä voimakkuuseroista. Tulos on johdonmukainen voimakkaan astigmatian kanssa. Näöntarkkuudeksi laite arvioi 0.8-1.33. Es arvo on 0.79

ja Em arvo 0.60. Myös nämä arvot osaltaan kertovat sarveiskalvon astigmaattisesta muodosta. Es arvo on suurempi kuin Em ja tämä on johdonmukaista suhteutettuna keratometriarvoihin Ks ja Kf.

Sarveiskalvon astigmatian määrästä -3.62 ax 5.1 ja -3.3 ax 4 verrattuna silmälasireseptin astigmatian korjaukseen -3.0 ax 4 voi päätellä mykiöstä tulevan astigmatiaa -0.50 ax 90 Javalin säännön mukaisesti.



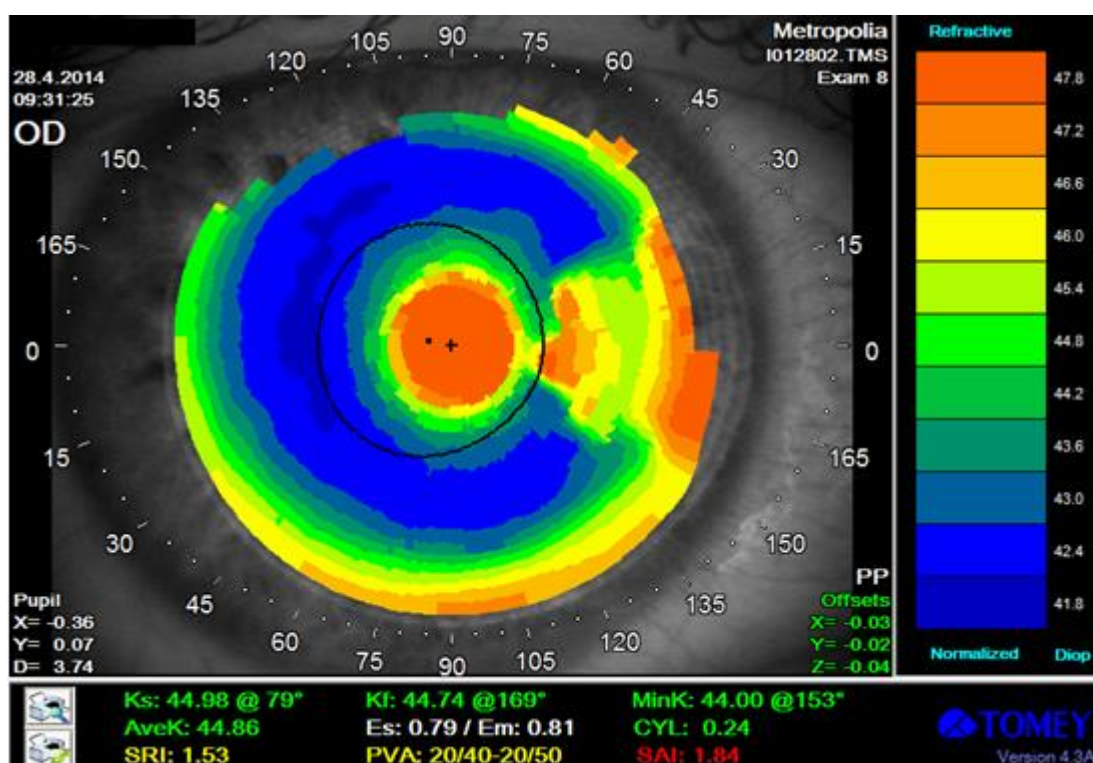
Kuvio 24. Astigmaattinen sarveiskalvo standardilla kartalla (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

Astigmaattisen sarveiskalvon muoto muistuttaa lusikan kuperaa puolta. Toisella meridiaanilla se on loivempi ja siitä vastakkaisella meridiaanilla jyrkempi kaarevuus. Tämä muoto näkyy myös hyvin kuviossa 24. Pystysuunnassa näkyvä kellertävä rusetti kuvio on asteikosta katsottuna jyrkimmillään noin 44.5 dpt, kun taas vaakasuunnassa sarveiskalvon kaarevuus on keskimääräistä loivempi, noin 38.0 dpt. Tämä keskimääräistä loivempi sarveiskalvon muoto vaakasuunnassa käy hyvin yhteen refraktion kanssa, missä oli hyperopiaa +2.75 dpt.

6.4 Kuivasilmäisyys ja silmätippojen vaikutus kuvien laatuun

Osana työtämme halusimme tutkia kuivasilmäisyyttä ja silmätippojen vaikutusta topografiakuviin. Kaikista tutkittavistamme puolet eli kymmenen henkilöä oli vastannut, että he kokevat kuivasilmäisyyttä ennen tutkimuksia suoritettussa kyselyssä.

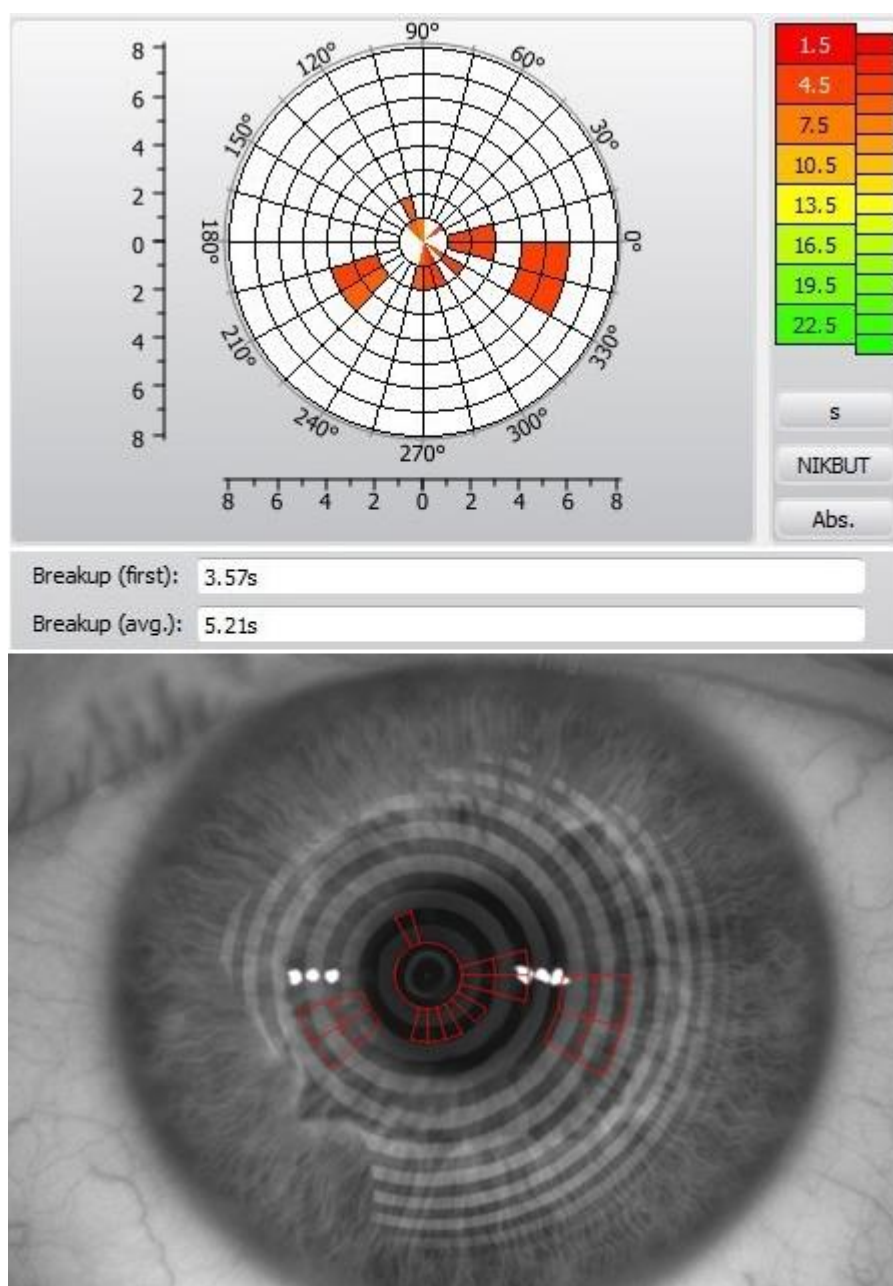
Tutkittava on 23 -vuotias. Hän oli alkuvaiheen kyselyssä vastannut, ettei koe kuivasilmäisyyttä, mutta kuvissa näkyy selkeästi epäsäännöllisyyttä kuvien välillä, mikä voi johtua juurikin kuivasilmäisyydestä. Tutkittava oli käynyt Femtolasik -operaatiossa, mikä voi osaltaan vaikuttaa silmien kuivumisherkkyyteen. Operaation yhteydessä tuhoutuneet sarveiskalvon tuntohermosäikeet vaikuttavat myös subjektiiviseen tuntemukseen kuivasilmäisyydestä, jolloin tutkittava itse ei pysty tuntemaan kuivasilmäisyyttä. Ennen leikkausta tehdyssä tarkastuksessa arvot olivat OD sf -4.75 cyl -0.45 ax 160. Hänen nykyinen refraktionsa on OA sf +0.50 dpt. Tutkittava ei käytä silmälaseja. Topografiakuvien asteikkona käytimme normalisoitua asteikkoa, sillä se tuo tarkimmin esiin pienetkin poikkeamat ja on näin ollen hyvä asteikko erityisesti kyynelnesteen tarkkailmiseen.



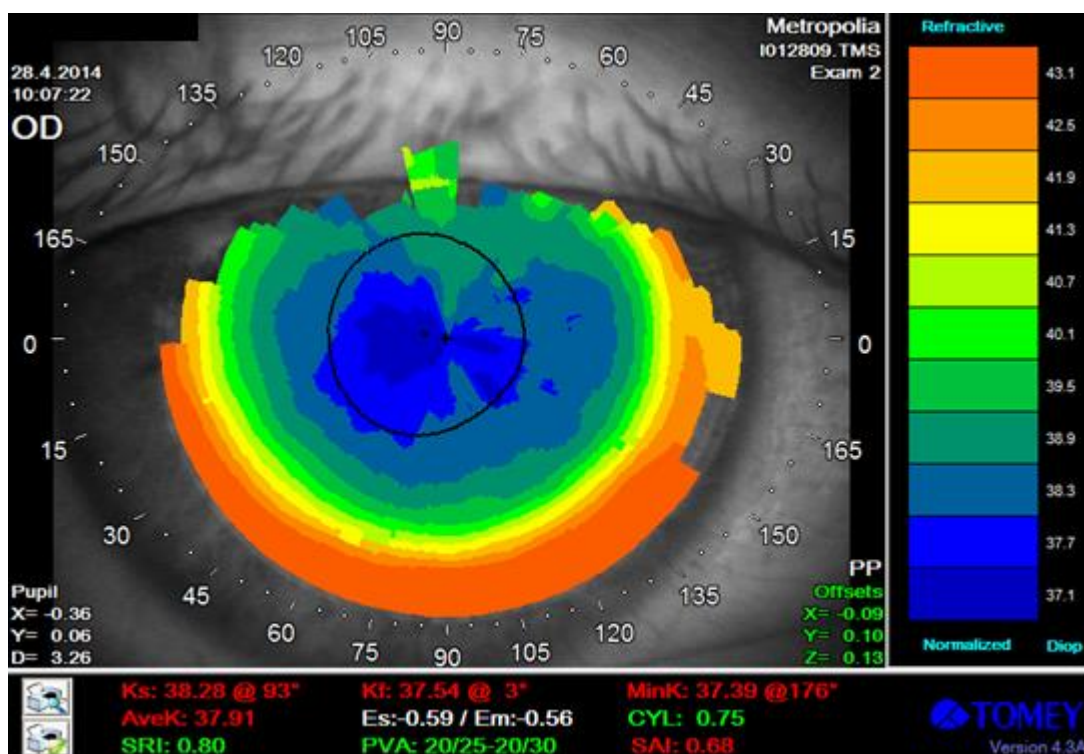
Kuvio 25. Topografiakuva ennen silmätippojen laittoa (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

Kuten kuviosta 25 nähdään, ennen silmätippoja keratometriarvot olivat Ks 44.98@79 ja Kf 44.74@169. MinK oli 44.00@153. Astigmatiaa oli 0.24. SRI 1.53 ja SAI 1.84 kertovat pinnan muodon olevan epäsäännöllinen ja asymmetrinen. Mahdollinen näöntarkkuuden arvio oli 0.4-0.5. Keratometriarvot olivat dioptriaalisesti korkeita, ottaen huomioon sen, että sarveiskalvoon oli tehty taittovirheleikkaus. Koska asiakas on ennen ollut myooppi, olisi siis leikkauksessa oletettavasti yritetty tehdä niin sanotusti sarveiskalvosta tasaisempi eli vähemmän valoa taittava. Tällöin dioptria-arvot olisivat siis normaalia pienemmät. Epäsäännöllisyyden ja epäloogisten keratometriarvojen perusteella voi päätellä kuivasilmäisyyden vääristäneen tätä kuvaa, joten sen antamat tulokset eivät myöskään ole luotettavia.

Jotta kuvien liittyminen kuivasilmäisyyteen olisi mahdollisimman todenmukaista, otimme tutkittavasta myös NIKBUT -mittauksen. Kuviossa 26 näkyy mittauksen tulokset joista käy ilmi, että kyynelneste rikkoutuu ensin juuri niistä kohdista, joissa topografiakuva oli vääristynein. Tässä tapauksessa NIKBUT:in mittaaminen osoittautui vaikeaksi tehtäväksi, koska kyynelneste rikkoutui niin nopeasti.



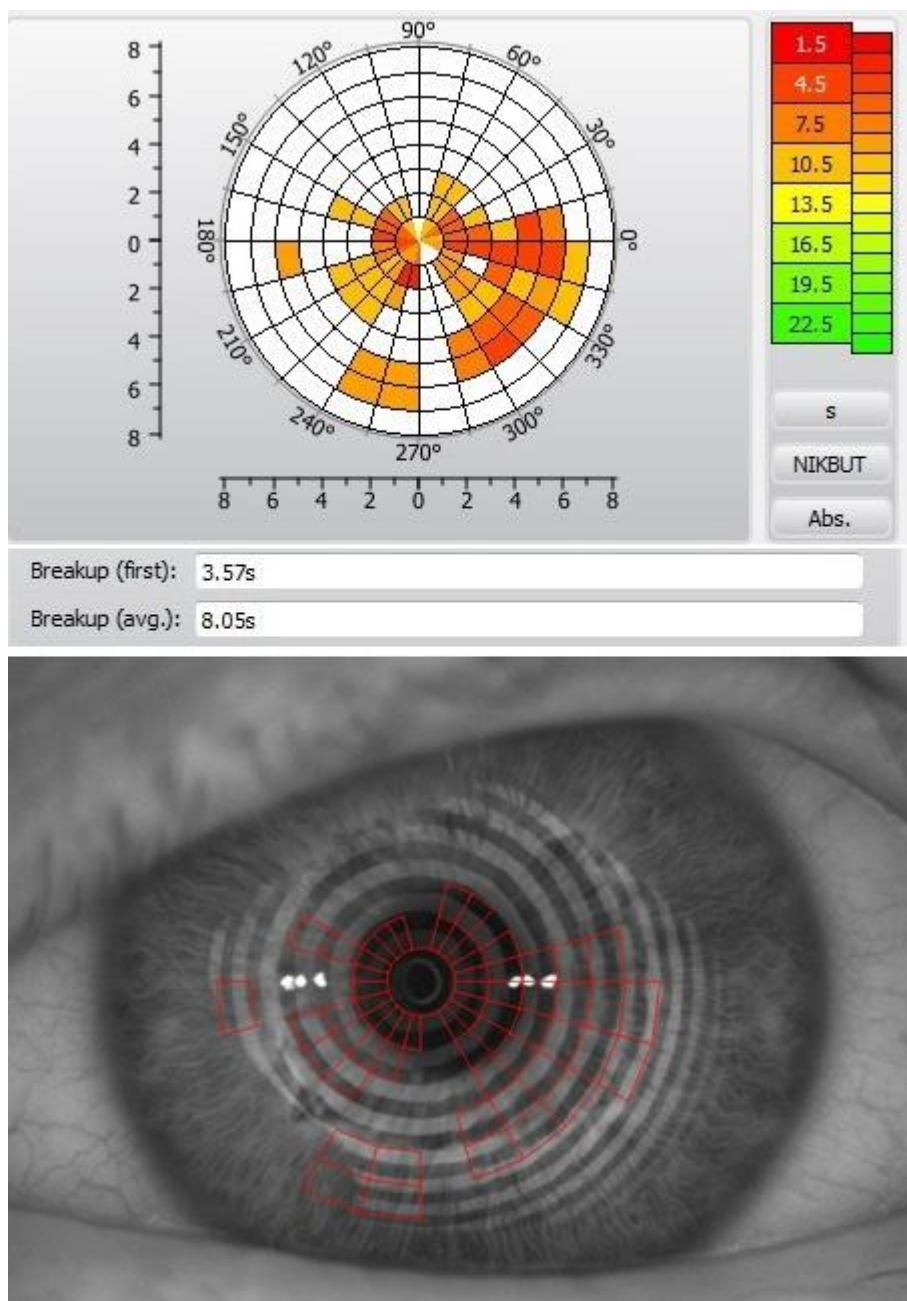
Kuvio 26. Kuviossa on tutkittavan NIKBUT -mittausten tulokset välittömästi topografiakuvien otton jälkeen (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)



Kuvio 27. Topografiakuva silmätippojen laiton jälkeen (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

Kuviossa 27 on kuva silmästä kostutustippojen laiton jälkeen. Nyt keratometriarvot ovat Ks 38.28@93 ja Kf 37.54@3. MinK on 37.39@176. Astigmatiaa on 0.75. Keratometriarvot muuttuivat keskimäärin 6.95 dioptriaa loivemmiksi verrattuna ennen silmätippojen laittoa otettuihin mittauksiin. Keratometriarvot ovat nyt normaalia loivemmat, joka on tyypillistä taittovirheleikatulle silmälle, jonka lähtökohtana on ollut myopia. Myös SRI ja SAI arvot ovat nyt paremmat. Silmätippojen jälkeen SRI 0.80 ja SAI 0.68 kertovat sarveiskalvon olevan säännöllinen, mutta myös samalla hieman asymmetrinen. Mahdolliseksi näöntarkkuudeksi laite arvioi nyt 0.66-0.8.

Kyynelfilmin rikkoutumiskartasta kuviossa 28 nähdään, että kyynelneste on tippojen laiton jälkeen paljon tasapainoisempi. Se rikkoutuu vasta kaksinkertaisen ajan jälkeen verrattuna ensimmäiseen NIKBUT -mittaukseen. Tämä selittää myös topografiakuvien tasaisuuden tippojen laiton jälkeen.



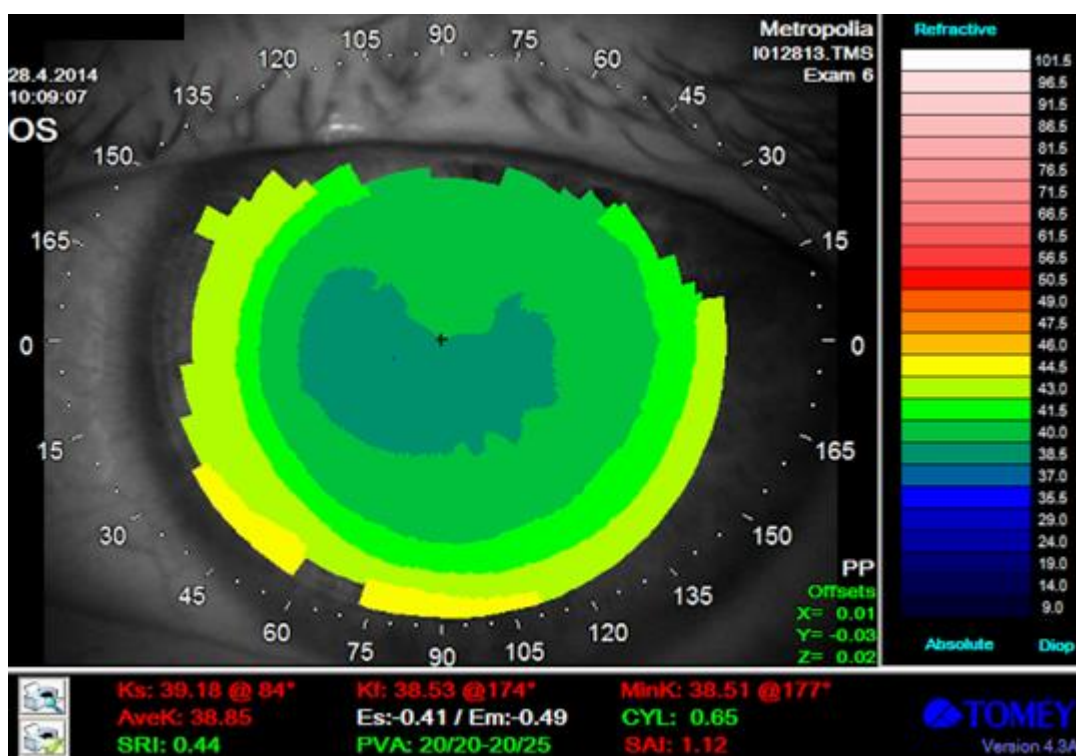
Kuvio 28. NIKBUT tippojen jälkeen kyynelfilmin tasapainotuttua (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

6.5 Refraktiivinen kirurgia

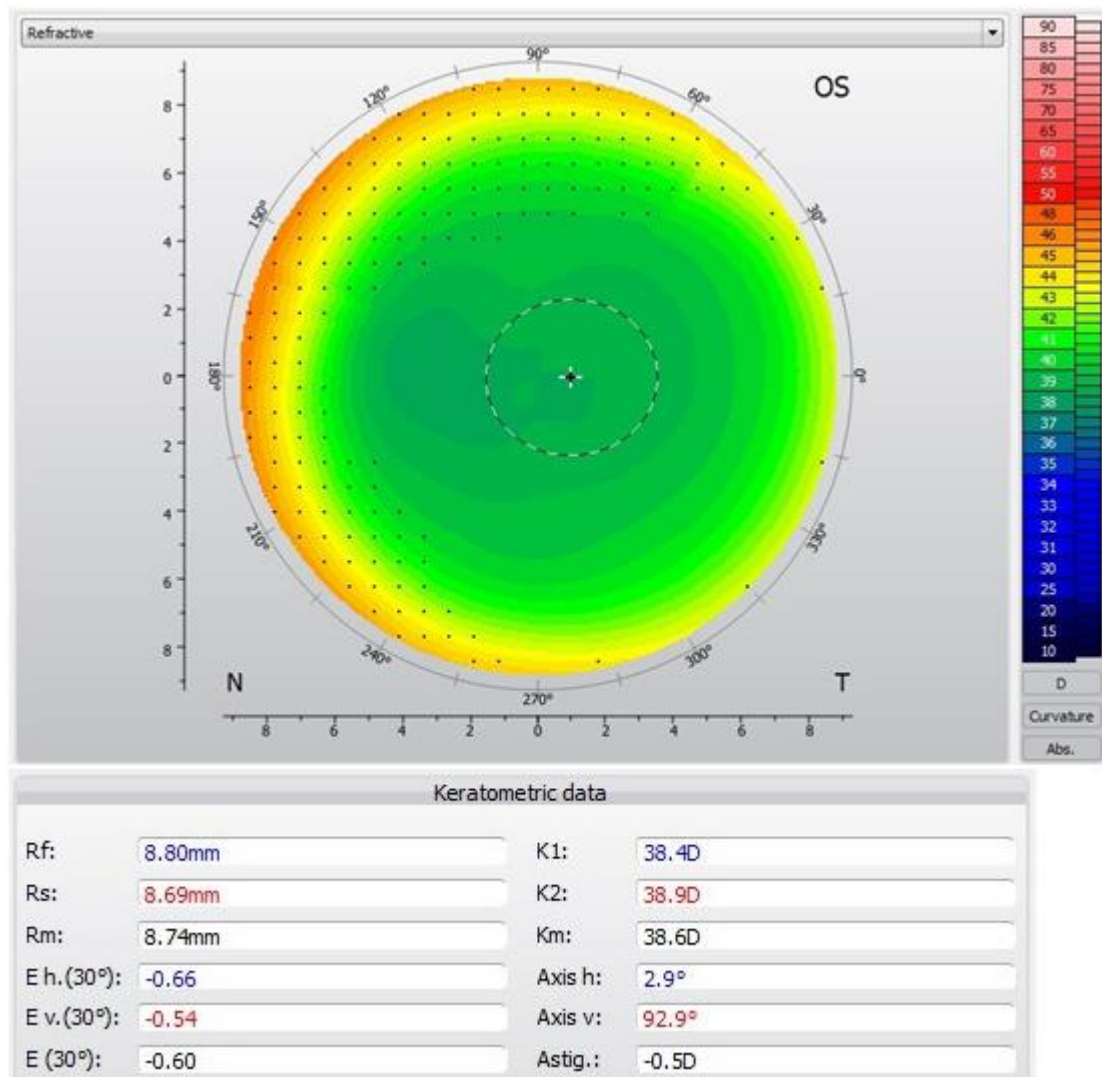
Kuviossa 29 näkyy Femtolasik -leikattu sarveiskalvo. Tutkittava on 23 -vuotias. Leikkausta edeltävän refraktion arvot ovat olleet OS sf -3.75 cyl -0.25 ax 70. Hänen nykyinen refraktionsa on OA sf +0.50 dpt. Tutkittava ei käytä silmälaseja.

Kuvioista pystytään havaitsemaan, että sarveiskalvo ei leikkauksen vuoksi ole enää kaarevuudeltaan normaalia sarveiskalvoa vastaava. Sen dioptriaaliset arvot jäävät pieniksi. Sarveiskalvolla on myös vähäistä astigmatiaa, jota voi ilmetä sarveiskalvoon kohdistuneen läppäleikkauksen seurauksena. Lyhyen mittausvälin laitteen antamasta kuvasta voi helposti havaita läpän suoraviivaisen reunan. Pitkän mittausvälin laitteella läpän sijainti ei ole niin helposti havaittavissa.

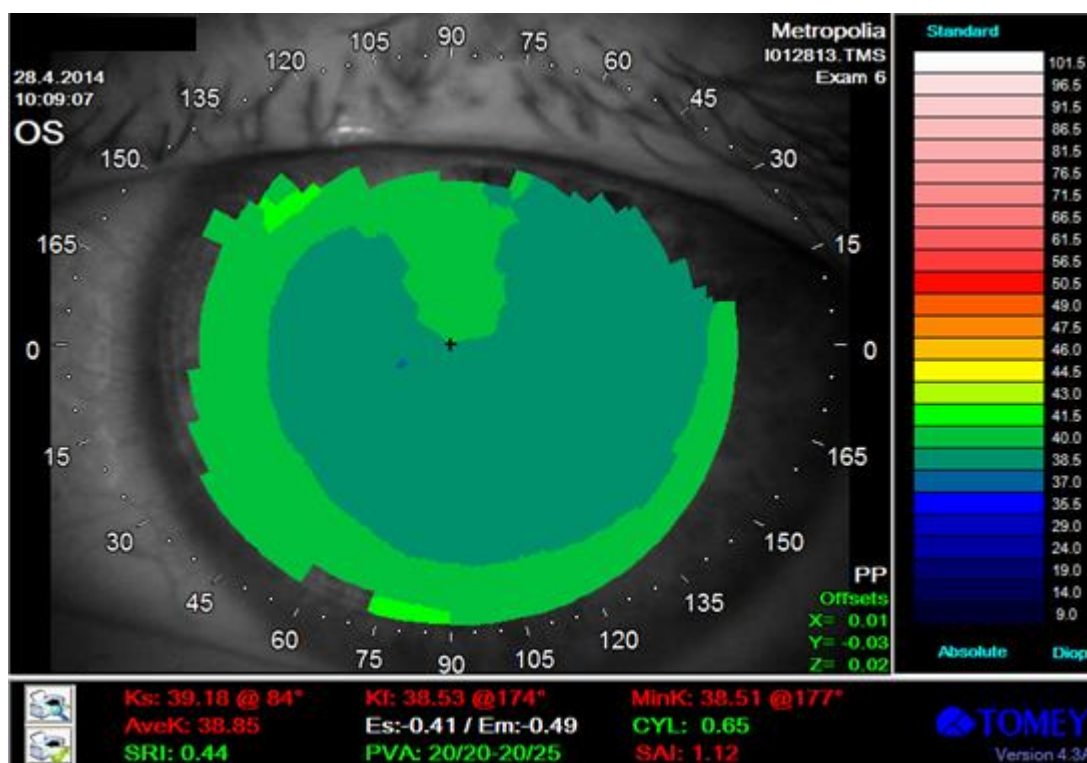
Kuviossa 29 on lyhyen mittausvälin laitteella otettu kuva. Tutkittavan keratometriarvot ovat Ks 39.18@84 ja Kf 38.53@174. Astigmatian määrä on 0.65 dpt. Kuviossa 30 on pitkän mittausvälin laitteella otettu kuva. Tutkittavan keratometriarvot ovat Ks 38.9@92.9 ja Kf 38.4@2.9. Astigmatian määrä on 0.50 dpt. Lyhyen mittausvälin laite näytti siis aavistuksen verran enemmän astigmatiaa. Muuten arvot ovat hyvin lähellä toisiaan. SRI arvo oli 0.44 eli normaali. SAI oli 1.12 eli hieman korkea, tämä kertoo sarveiskalvon keskeisen alueen normaalista poikkeavasta muodosta. Näöntarkkuudeksi kyseiselle silmälle laite arvioi 0.8-1.0.



Kuvio 29. Taivtovirheleikattu sarveiskalvo lyhyen mittausvälin laitteella (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)



Kuvio 30. Taittovirheleikattu sarveiskalvo pitkän mittausvälin laitteella (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)



Kuvio 31. Taivtovirheleikattu sarveiskalvo standardilla kartalla (Nakolinna - Paavola - Rikalainen 2014)

Kuvion 31 standardi kartta näyttää, miten sarveiskalvo on leikattu keskeltä loivemmaksi ja litteämmäksi, jotta myooppinen taivtovirhe korjaantuu. Sarveiskalvon keskeinen, laseroitu osa on siis hyvin tasainen ja loiva. Sen dioptriaalinen lukema on kartasta katsotuna vain 38.5 dpt. Lämpän reunojen ulkopuolella väri on hieman lämpimämpää eli sarveiskalvo on näillä alueilla myös aavistuksen jyrkempää. Tästä kertoo myös kartan näyttämä voimakkuus 40.0 dpt.

Standardista kartasta näkyy sarveiskalvon oikea muoto, joka havainnoi paremmin lämpän muotoa. Kartasta voi myös tulkita, että ylävasemmalla lämpän alueella sijaitseva vaaleampi alue on mahdollisesti ollut lämpän kiinnike eli niin sanottu sarana, jota ei ole avattu leikkauksessa.

6.6 Yhteenvetoa tutkimuksista

Tutkimuksia tehdessämme huomasimme käytännön kokeilujen kautta, että monet tekijät vaikuttavat topografiakuvien onnistumiseen. Kyynelnesteen laadun ja määrän vaikutus tuli selkeästi ilmi jo tutkimuksen alkuvaiheessa. Siihen kiinnitimme myös erityistä

huomiota koko tutkimusprosessin ajan. Silmän räpytyshetki myös vaikutti kuvan onnistumiseen merkittävästi. Jos räpytys tapahtui juuri ennen kuvan ottamista, saattoi kuvan ylälaidassa näkyä silmän yläluomen liikkeen aiheuttamaa vääristymää. Myös luomen normaali alhainen asento saattoi estää kuvan ottamisen, koska laite ei saanut riittävän isoa mittausaluetta. Tällöin luomi oli nostettava pois edestä. Myös pitkät ripset aiheuttivat varjoja, jotka estivät Placidon renkaiden hyvän heijastumisen sarveiskalvolle näin vääristäen tuloksia. Tämä tuli esille erityisesti pitkän mittausvälin Oculus-laitteessa, jossa laskettiin mukaan myös nämä huonot mittaalueet arvioitaessa sarveiskalvon voimakkuutta ja muotoa.

Myös tutkittavan pään asento vaikutti kuviin. Pään oikea asento oli tärkeä etenkin lyhyen mittausvälin Tomey-laitteessa, jossa mittauskartio tuodaan erittäin lähelle mitattavaa sarveiskalvoa. Mittauksissa haasteita toi asennon lisäksi tutkittavien kasvojen anatomiset muodot. Jos tutkittavan kulmaluu oli esimerkiksi erittäin ulkoneva, vaikeutti se mitausten tekemistä. Tällöin nimittäin tutkittavan sarveiskalvon saaminen oikealle kohdalle tuotti ongelmia. Näissä tapauksissa pitkän mittausvälin laitteella mittaaminen oli helpompaa.

Emme huomanneet tutkimissamme kuvissa erityistä merkittävää eroa eri mittaustyyeillä saaduissa kuvissa. Tomeyn laitteen mittaamisessa sarveiskalvon topografiakuvissa tuotiin kuitenkin esille vain ne sarveiskalvon kohdat, joista oli pystytty tekemään todellisia kaarevuus ja voimakkuusmittauksia (katso Tomeyn laitteiston muodostamien sarveiskalvokuvien rosoiset reunat). Erot molempien mittaustyylien antamien kuvien arvoissa olivat hyvin pieniä, eikä niiden väliltä löytynyt säännönmukaisuutta. Tutkimassamme kuivasilmäisyyden tapauksessa totesimme kyynelnesteen määrän olevan merkittävässä roolissa kuvien onnistumiseen ja luotettavuuteen. Uskomme tämän korostuvan etenkin henkilöillä, joilla on kuivat tai leikatut silmät.

7 Pohdinta

Silmän topografiakuvauksella on tärkeä rooli sarveiskalvon pinnan muotojen hahmotamisessa ja kuvaamisessa sekä sarveiskalvon epäsäännöllisyyksien, kuten kartiopullistuman (keratokonus) havaitsemisessa. Kuvat ovat hyödyllisiä myös piilolinssien sovituksessa ja laserleikkauksen suunnittelun apuvälineenä. Etenkin optikkoliikkeissä topografialaitteista olisi suuri hyöty esimerkiksi kovien piilolinssien ja muiden terapeuttis-

ten linssien sovituksessa sekä pyrittäessä selittämään silmän epäsäännöllisten taitto-voima-arvojen syitä. Topografialaitteiden lisääntyvien ominaisuuksien vuoksi ne ovat myös erittäin käytännöllisiä apuvälineitä tulevaisuudessa muissakin tehtävissä.

Topografialaite ei enää tarkoita välttämättä valorenkaiden heijastamista sarveiskalvolle. Kuvissa voidaan käyttää myös esimerkiksi laseria mittaustekniikkana, mikä tuo valtavasti uusia mahdollisuuksia. Myös laitteiden lisääntyvät ominaisuudet ovat suuri apu optikoiden työssä. Esimerkiksi kyynelfilmin ”break-up time” on yhä helpompaa määrittää, kuten myös kyynelnesteen laatu. Vaikka mikroskoopit ovatkin korvaamaton apuväline työpaikalla, on topografialaite hyvä myös mikroskopian tukemisessa. Uusimpien laitteiden avulla voidaan esimerkiksi ottaa liikkuvaa videokuvaa kyynelneesteestä ja näin tarkkailla sen laatua tarkemmin. Myös kyynelnesteen ensimmäiset rikkoutumispaikat nähdään paremmin ja nopeammin. Asiakkaalle tutkimus on myös helpompi, nopeampi ja vaivattomampi sillä tutkimus on ei-invasiivinen.

Ennen opinnäytetyön aloittamista oletimme kahdella erilaisella mittaustavalla otetuissa kuvissa olevan suuriakin eroavaisuuksia. Tutkimusten edetessä huomasimme kuitenkin näiden erojen olevan pieniä ja käytännön tasolla lähes merkityksettömiä. Oletimme myös, että kyynelnesteen määrällä on suuri vaikutus kuvien laatuun. Kyynelnesteen vaikutus näkyi selvimmin kuitenkin vain niissä tapauksissa, joissa silmä oli lähtökohtaisesti hyvin kuiva.

Otimme kyynelnesteen vaikutuksen topografiakuviin huomioon työssämme, sillä kyynelnesteen käyttäytyminen kuvaushetkellä vaikuttaa kuvan onnistumiseen ja luotettavuuteen. Mielestämme on ensisijaisen tärkeää, että varsinaisten topografiakuvien tulokinnan lisäksi optikko osaa arvioida myös kuvien luotettavuutta.

Koska tutkimuksemme tulkintaosuus koostui viidestä täysin erilaisesta tapauksesta, ei näiden tapausten tuloksia pysty vertailemaan yhtenäisesti keskenään. Tarkoitukseamme olikin lisätä optikoiden kykyä tulkita ja arvioida topografiakuvia entistä analyyttisemmin.

Jatkotutkimuksena ehdotamme esimerkiksi refraktiivisen kirurgian jälkitilojen tutkimista tarkemmin sarveiskalvon topografialaitteiden avulla. Tutkimuksessa voisi syventyä esimerkiksi topografiakuvien merkitykseen refraktiivisessa kirurgiassa. Toisena jatkotutkimuksena voisi myös syventyä uudempaan topografian kuvantamisteknologiaan,

kuten aaltorintamateknologiaa käyttäviin laitteisiin. Tutkimuksessa voisi syventyä uuden ja vanhan tutkimusteknologian eroihin. Kolmantena ehdottaisimme esimerkiksi topografialaitteiden käyttöä piilolinssien sovituksessa. Työssä voisi analysoida esimerkiksi topografialaitteiden hyödyllisyyttä piilolinssien sovituksessa.

Työssämme kävimme läpi kaikki tärkeimmät topografiakuvaukseen liittyvät perusteet ja käsitteet, joten työtämme on helppo käyttää myös oppaana topografiakuvien tulkintaa opeteltaessa. Toivommekin, että opinnäytetyömme lisää optikoiden mielenkiintoa näihin laitteisiin ja lisää heidän taitoaan tulkita sarveiskalvon topografisia kuvia sekä mataltaa kynnyistä hakeutua töihin silmäsairaaloihin ja muihin paikkoihin, joissa topografiakuvat ovat tärkeä osa optikon työnkuvaa.

Lähteet

All About Vision 200-2012. Higher-Order Aberrations. Verkkodokumentti. Päivitetty toukokuussa 2014. <<http://www.allaboutvision.com/conditions/aberrations.htm>> Luettu 10.9.2014.

Bron, A.J. - Benjamin, L. - Snibson, G.R. 1991. Meibomian Gland Disease. Classification and Grading of Lid Changes.

Cho, Pauline 1993. Reability of Portable Noninvasive Tear Break-Up Time Test on Hong Kong-Chinese. Optometry and Vision Science: 12/1993: 1049-1054

Differences in the anatomy of the eye n.d. Vision for Tomorrow Foundation. Verkkodokumentti. <<http://www.visionfortomorrow.org/aniridias-impact-on-vision/>>. Luettu 8.9.2014.

Dilly P.N. 1994. Structure and Function of the Tear Film. Teoksessa Lacrimal Gland, Tear Film, and Dry Eye Syndromes. New York: Plenum Press. 239-247.

Efron, Nathan 2010. Contact Lens Practice. 2. painos. USA: Butterworth-Heinemann.

Grosvenor, Theodore 2007. Primary Care Optometry. 5. painos. USA: Butterworth-Heinemann.

Göbbels, Martin - Spitznas, Manfred 1989. Influence of artificial tears on corneal epithelium in dry-eye syndrome. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology 3/1989: 139-141.

Hirviniemi, Heidi 2014. Laatupäällikkö. Piilokset. Lieto. Henkilökohtainen tiedonanto sähköpostin välityksellä 4.4.2014 ja 9.9.2014.

Instruction Manual Keratograph 5M. Measurement and Evaluation System for Corneal Topography 2012. Käyttöopas. Oculus.

Juurinen, Timo 2014. Optiikka Juurinen. Vantaa. Henkilökohtainen tiedonanto 22.4.2014.

Liu, Zuguo - Pflugfelder, Stephen C. 1999. Corneal Surface Regularity and the Effect of Artificial Tears in Aqueous Tear Deficiency. Ophthalmology, Volume 106, Issue 5, 1 May 1999, 939-943.

Lombardo, Marco 2010. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. Verkkodokumentti. <<http://www.visioeng.it/documents/Wave%20Aberration%20review.pdf>>. Luettu 10.9.2014.

Murphy, John 2013. More Details on Dua's Layer of the Cornea. Perhaps discovered two decades ago, its meaning for primary eye care is unsure. Review of Optometry. Verkkodokumentti. <http://www.revoptom.com/content/d/web_exclusives/c/41849/>. Luettu 8.9.2014.

Nakolinna, Niina 2014. Optometrian koulutusohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Helsinki.

Nakolinna, Niina - Paavola, Jaana - Rikalainen, Minna 2014. Optometrian koulutusohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Helsinki.

Nichols, Barbara - Chiappino, Mary Louise - Dawson, Chandler 1985. Demonstration of the Mucous Layer of the Tear Film by Electron Mikroskopy. *Ophthalmol. Vis. Sci.* 4/1985: 464-473.

Rabinowitz, Yaron S. - Wilson, Steven E. - Klyce, Stephen D. 1993. *Color Atlas of Corneal Topography: Interpreting videokeratography*. New York, Tokio: Igaku-Shoin.

Rio-Cristobal, Ana - Martin, Raul 2014. *Corneal assessment technologies: Current status*. *Survey of Ophthalmology*. Elsevier.

Sade de Paiva, Cintia - Lindsey, Jennifer L. - Pflugfelder, Stephen C. 2003. Assessing the Severity of Keratitis Sicca with Videokeratoscopic Indices. *Ophthalmology*, Volume 110, Issue 6, June 2003, 1102-1109.

Szczotka, Loretta B. 2002. Computerised corneal topography applications in RGP contact lens fitting. *London: Optometry Today* 22.2. 32-34.

Tomey TMS-4. *Tecnology and Vision*. 2010. Käyttöopas. Iogen.

Tomey 2011. TMS-4 Topographic Modeling System. Verkkodokumentti. <http://www.tomey.com/_src/sc472/TMS_4.pdf> Luettu 10.9.2014.

Voke, Janet 2010. Understanding the Basics of Ocular Aberrations. *Optometry Today*. 12.02.2010. 41-45.

Whitcher, John P. 2002-2003. *General Ophthalmology*. Chapter 4: Lids, Lacrimal Apparatus, Tears. III. Tears. The McGraw-Hill Companies. Verkkodokumentti. <http://www.oculist.net/others/ebook/generalophthal/server-java/arknoid/amed/vaughan/co_chapters/ch004/ch004_print_09.html>. Luettu 15.9.2014.

Mittausten kirjaus -lomake



Topografiakuvien tulkinnan opas, opinnäytetyö

Tutkittava	T 1	T 2	T 3	NIKBUT		Tipat	NIKBUT 5 min		NIKBUT 10 min		NIKBUT 15 min		T 1	T 2	T 3	NIKBUT		OS
				OD	OS		OD	OS	OD	OS	OD	OS				OD	OS	
22.4.2014																		
nainen	x	x	x	OK	OK	13:15	OK	5,48/10,76	OK	7,52/14,68	OK	OK	x	x	x	OK	OK	OK
nainen	x	x	x	OK	OK	13:52	13:58	3,19/6,67	5,61/9,41	11,21/14,60	(4,46/7,84)	5,86/17,43	x	x	x	OK	OK	OK
mies	x	x	x	OK	OK	14:36	5,23	>20s	16,19				x	x	x	OK	OK	OK
nainen	x	x	x	OK	9,69/14,13	15:23	4,46/5,42	4,84/7,98	10,83/11,70	6,37/9,91	14,79/19,12	4,46/8,88	x	x	x	12,49/16,14	10,45/15,26	
nainen	x	x	x	14,28	3,57/9,74	15:58	18,86	4,46/17,10	15,55	14,79	12,36/16,18	4,84/12,48	x	x	x	4,84/14,81	OK	
nainen	x	x	x	10,2/14,75	8,16/16,4	16:35	9,43/19,55	15,42/18,81	11,98	20,14	12,11	23,83	x	x	x	19,25	19,75	
24.4.2014																		
nainen	x	x	x	6,63	5,1	10:45	15,42	6,63	12,87	9,81	6,63	13,64	x	x	x	7,78	12,74	
nainen	x	x	x	8,15	10,64	12:02	9,04	11,16	6,76	22,64	9,35	5,52	x	x	x	9,91	7,21	
nainen	x	x	x	6,12	7,49	OK	5,1/7,51	5,48/5,91	6,37/6,5	4,46/4,46	3,19/3,74	4,33/5,27	x	x	x	3,7/6,32	4,72/4,78	
nainen	x	x	x	12,11	7,01	OK	>22s	>22s	8,9	>22s	7,9	>20s	x	x	x	>22s	18,48	
nainen	x	x	x	0	3,19	14:06	2,93	2,93/5,10	4,84/7,94	2,55/3,30	2,80/3,14	3,31/3,44	x	x	x	4,33/5,24	3,57/4,31	
nainen	x	x	x	3,57/7,05	7,9/13,66	14:48	5,61/9,06	7,77/14,40	4,84/4,84	6,37/12,02	4,33/6,25	4,08/11,56	x	x	x	3,19/6,09	6,63/8,61	
nainen	x	x	x	7,52	10,96	15:35	13,89	OK	13,26	8,92/14,38	3,95/14,27	3,31/15,36	x	x	x	3,31/8,58	4,46/12,21	
4/25/2014																		
nainen	x	x	x	3,19	10,75	OK	5,1	5,23	3,7	2,8	5,23	3,7	x	x	x	4,33	7,14	
mies	x	x	x	4,08	3,57	9:46	4,46	11,22	5,48	ei saanut	5,86	3,57	x	x	x	2,93	3,7	
nainen	x	x	x	10,58/13,51	5,48/10,34	10:26	5,48/13,22	3,31/5,64	5,1/8,02	3,95/8,62	3,7/6,67	3,31/6,57	x	x	x	4,08/7,92	7,01/7,79	
mies	x	x	x	7,41/12,68	4,8	11:03	3,95/6,07	2,97/7,57	17,72/19,56	16,95/18,25	17,46/21,3	14,79/17,68	x	x	x	8,92/10,77	2,80/3,11	
mies	x	x	x	4,33/9,90	7,52/10,84	11:42	ok	5,22/10,51	12,49/18,14	2,80/7,16	22,81/23,01	3,19/3,65	x	x	x	5,61/5,61	3,19/4,79	
nainen	x	x	x	14,6	4,48/6,80	OK	7,93/17,17	6,25/10,89	8,67/12,8	6,63/8,08	12,74/13,03	3,95/6,79	x	x	x	>22	7,01/7,9	
nainen	x	x	x	5,23/13,04	4,46/6,61	9:38	10,07/15,26	4,08/11,95	3,70/13,25	ok	9,43/12,49	16,57/16,57	x	x	x	7,65/13,72	5,61/10,99	

Suostumuslomake

Suostumus tutkimukseen osallistumisesta

Opinnäytetyö topografiakuvien tulkinnasta



Opinnäytetyön aiheena on topografiakuvien tulkinta. Työssä vertaillaan kahden erityyppisen topografialaitteen antamia kuvia ja niiden tulkinnan eroavaisuuksia. Tarkastelemme myös kyy-nelnesteen vaikutusta mittaukseen.

Tutkimukset suoritetaan huhtikuun 2014 aikana. Mittaukset suoritetaan koululla näöntarkastusti-lassa. Tutkimuksen aikana otamme mittauksia topografialaitteilla. Mittausten yhteydessä lai-tamme silmiinne kosteuttavia silmätippoja. Tutkimukseen kannattaa varata aikaa noin puoli tuntia.

Tutkittavan nimi: _____

Sukupuoli: Nainen ☐ Mies ☐

Syntymäaika (pp/kk/vvvv): ____/____/____ Ikä vuosina: ____

Mahdolliset silmäleikkaukset: _____

Mahdolliset silmäsairaudet: _____

Koetko kuivasilmäisyyttä: Kyllä ☐ Ei ☐

Silmälasiresepti:

OD: sf_____ cyl_____ ax_____

OS: sf_____ cyl_____ ax_____

Minulla ei ole silmälaseja. ☐

Annan suostumuksen tässä lomakkeessa olevien tietojen luovuttamiseen Metropolian Ammatti-
korkeakoulun optometrian koulutusohjelman opiskelijoiden opinnäytetyötä varten. Kaikki tiedot
ovat luottamuksellisia ja tullaan julkaisemaan opinnäytetyössä nimettöminä.

Allekirjoitus_____ Paikka ja pvm_____

Kiitos osallistumisesta!

Optometrian opiskelijat Niina Nakolinna, Jaana Paavola ja Minna Rikalainen

Tutkimuksen kulku

Ennen tutkimuksia pyydämme tutkittavaa lukemaan ja täyttämään suostumuskaavakkeen ja kerromme tutkimuksesta.

1. Topografiakuvat kummallakin laitteella x3
NIK BUT
2. Tipat **OD**
2 min päästä tipat **OS**
5 min tipoista NIK BUT
10 min tipoista NIK BUT
15 min tipoista NIK BUT
Topografiakuvat kummallakin laitteella x3
NIK BUT

Tutkimusaika yhteensä ~ 25-30 min